இயற்பியல்

மேல்நிலை – முதலாம் ஆண்டு

தொகுதி - II

பாடநூல் மேம்பாட்டுக் குழுவின் பரிந்துரையின்
அடிப்படையில் திருத்தப்பட்டது.

தீண்டாமை ஒரு பாவச்செயல்

தீண்டாமை ஒரு பெருங்குற்றம்

தீண்டாமை மனிதத்தன்மையற்ற செயல்

தமிழ்நாட்டுப்
பாடநூல் கழகம்
கல்லூரிச் சாலை, சென்னை 600 006

முதல் பதிப்பு-2004
திருத்திய பதிப்பு-2007

குழுத் தலைவர்

முனைவர் சேது. குணசேகரன்

ரீடர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை 600 030.

மேலாய்வாளர்கள்

பெ. சர்வஜன ராஜன்

தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
அரசு கலைக் கல்லூரி
நந்தனம், சென்னை 600 035

ஸ்ரீ. கேமசரி

தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
இராணிமேரி கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை 600 004

முனைவர் கா. மணிமேகலை

ரீடர் (இயற்பியல்)
எத்திராஜ் மகளிர் கல்லூரி
சென்னை 600 008

நூலாசிரியர்கள்

சு. பொன்னுசாமி

உதவிப் பேராசிரியர் (இயற்பியல்),
S.R.M. பொறியியல் கல்லூரி
S.R.M. அறிவியல் மற்றும்
தொழில்நுட்ப நிலையம்
(நிகர்நிலைப் பல்கலைக் கழகம்)
காட்டாங் கொளத்தூர் 603 203

சு. இராசராசன்

முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

கிரிஜா இராமானுஜம்

முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
அசோக் நகர், சென்னை 600 083

பு. லோகநாதன்

முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
திருச்செங்கோடு 637 211
நாமக்கல் மாவட்டம்

முனைவர் இரா. இராஜ்குமார்

முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
தர்மமூர்த்தி ராவ் பகதூர் கலவல கண்ணன் செட்டி மேல்நிலைப் பள்ளி
சென்னை 600 011

முனைவர் N. விஜயன்

முதல்வர்
சீயோன் மெட்ரிக் மேல்நிலைப் பள்ளி
சேலையூர், சென்னை 600 073

தமிழ்மொழியில் ஆக்கியவர்

சு. இராசராசன்

முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

விலை ரூ.

பாடங்கள் தயாரிப்பு : தமிழ்நாடு அரசுக்காக
பள்ளிக்கல்வி இயக்ககம், தமிழ்நாடு

இந்நூல் 60 GSM தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

முன்னுரை

பள்ளிக்கல்வியில் மிக முக்கியமானதும் திருப்புமுனையாக அமைவதும் மேல்நிலைக் கல்வியாகும். பொதுவான கலைத்திட்டத்திலிருந்து இலக்கு நோக்கிய கலைத்திட்டத்திற்கு மாறக்கூடிய கட்டத்தில் மேல்நிலைக் கல்வி உள்ளது.

அடிப்படை அறிவியல் மற்றும் தொழிற்கல்விக்கான அடித்தளமாக இயற்பியல் பாடத்தை மாணவ மாணவியர் தேர்ந்தெடுக்கின்றனர். பொதுக் கல்வியிலும் தொழிற்கல்வியிலும் தேவையான அடிப்படை அறிவினை ஏற்படுத்த, பதினோராம் வகுப்பிற்கான இயற்பியல் பாடநூல், புதிய கருத்துகளுடன் அனைத்துத் தலைப்புகளிலும் அடிப்படைத் தகவல்களுடன் மாற்றம் செய்யப்பட்டு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒவ்வொரு பாடமும் அறிமுகம் மற்றும் பாடப்பொருள் என உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. அனைத்துப் பாடங்களிலும் தெளிவான, தேவையான, சுருக்கமான விளக்கங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பாடத்தின் இறுதியில் தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள் மற்றும் தன் மதிப்பீட்டு வினாக்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

மனப்பாடம் செய்வதைவிட கருத்துகளைப் புரிந்து கொள்வதென்பது மிக முக்கியமானதாகும். எனவே, பாடத்தை முழுமையாகப் புரிந்து கொள்ளச் செய்து மாணவ, மாணவியர் தாங்களாகவே தங்கள் எண்ணங்களை வெளிக்கொணரச் செய்வது அவசியமாகிறது. இயற்பியல் பாடத்தை ஆர்வமுடன் கற்கும் வகையில் இப்பாட நூலில் வாழ்க்கையுடன் தொடர்புடைய பயன்பாடுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஆய்வு செய்யும் திறன்களையும் உற்றுநோக்கும் திறன்களையும் மாணவ மாணவியரிடத்தில் வளர்க்க முக்கியத்துவம் அளிக்கப்பட்டுள்ளது. அவர்களின் கற்றல் அனுபவங்கள் சமூக முன்னேற்றத்திற்கு உதவும் என நம்புகிறோம்.

இப்பாடநூலின் சிறப்புக் கூறுகள்.

- புதிய தகவல்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.
- படங்கள் தெளிவாக வரையப்பட்டுள்ளன.
- மாணவ மாணவியரின் காரணமறியும் திறனை வளர்க்கும் விதத்தில் தன்மதிப்பீட்டு வினாக்கள் (மாதிரிகள் மட்டுமே) கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.
- கணிதத்தின் அடிப்படையறிவின்றி இயற்பியலைப் புரிந்து கொள்ள முடியாது என்பதனால் சில கணிதக் கருத்துகளும் சமன்பாடுகளும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

தேர்விற்கு ஆயத்தம் செய்யும் போது. மாணவ மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் உள்ள வினாக்கள் / கணக்குகள் மட்டுமல்லாமல், பாடநூல் / பாடத்திட்டத்திலிருந்தும் கேட்கப்படக்கூடிய வினாக்கள் மற்றும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும்.

இந்தியத் துணைக்கோள் திட்டம் பற்றி இன்றியமையாத தகவல்களை அளித்த இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனத்திற்கு (ISRO) மனமார்ந்த நன்றி உரித்தாகுக!

முனைவர் சேது. குணசேகரன்
குழுத்தலைவர்

பொருளடக்கம்

		பக்கம்
6.	அலைவுகள்	1
7.	அலை இயக்கம்	43
8.	வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும்	92
9.	கதிர் ஒளியியல்	148
10.	காந்தவியல்	189
பின்னிணைப்பு		224
மடக்கை அட்டவணைகள்		226

6. அலைவுகள்

சீரான கால இடைவெளிகளில் மீண்டும் மீண்டும் நிகழும் எந்தவொரு இயக்கமும் சீரலைவு இயக்கம் (Periodic motion) எனப்படும். சூரியனைச் சுற்றிவரும் கோள்களின் இயக்கம், கடிகாரம் ஒன்றின் முள்ளின் இயக்கம், கைக்கடிகாரத்தில் சமன்செய்யப்பட்ட சக்கரத்தின் இயக்கம், புவியின் மீதிருந்து காணக்கூடிய, 76 ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை சூரியனைச் சுற்றிவரும் ஹேலியின் வான்மீனின் (Halley's comet) இயக்கம் போன்றவை சீரலைவு இயக்கத்திற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

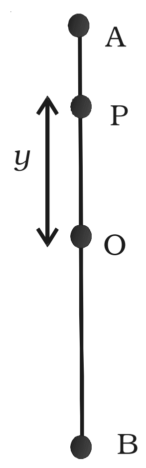
பொருளொன்று மையப்புள்ளியைப் பொருத்து மீண்டும் மீண்டும், முன்னும் பின்னுமான இயக்கத்தை மேற்கொள்ளுமானால், அது அலைவுறு இயக்கத்தில் (Oscillatory motion) உள்ளது எனப்படும். கிட்டார் (guitar) கம்பிகளின் அதிர்வுகள், ஊசல் குண்டின் இயக்கம், இசைக்கவை ஒன்றின் அதிர்வுகள், சுருள்வில்லில் தொங்கவிடப்பட்ட நிறையின் அலைவுகள், தொலைபேசி மற்றும் ஒலிபெருக்கியில் உள்ள மெல்லேட்டின் (diaphragm) அதிர்வுகள் போன்றவை அலைவுறு இயக்கத்திற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இவ்வெடுத்துக்காட்டுகள் அனைத்திலும், அதிர்வுகளின் பாதை மையப்புள்ளியை நோக்கியே இருக்கும்.

சைன் (sine) அல்லது கொசைன் (cosine) போன்ற தனிச் சீரிசைச் சார்பைக் கொண்டு அலைவுகளைக் குறிப்பிடலாம். மாறாத வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண் உடைய சீரிசை அலைவுகளை தனிச் சீரிசை இயக்கம் (SHM) எனலாம்.

6.1 தனிச் சீரிசை இயக்கம் (Simple harmonic motion)

துகளின் முடுக்கமானது, நிலையான புள்ளியிலிருந்து அது அடைந்த இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவிலும், அப்புள்ளியை நோக்கியே இயக்கம் இருப்பினும், அத்துகள் தனிச் சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படுகிறது எனலாம்.

P என்ற துகள் ஒன்று நேர்க்கோட்டில், O என்ற மையப்புள்ளியைப் பொருத்து A-விற்கும், B-விற்கும் இடையில் தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்வதாகக் கருதுக. (படம் 6.1) துகளின் முடுக்கமானது எப்பொழுதும் நிலையான புள்ளியை நோக்கி இருக்கும். அதன் எண் மதிப்பு துகளின் இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.



படம் 6.1 துகளின் தனிச் சீரிசை இயக்கம்

அதாவது, $a \propto y$

$a = -\omega^2 y$

இதில், ω என்ற மாறிலி தனிச் சீரிசை இயக்கத்தின் கோண அதிர்வெண்ணைக் குறிக்கிறது. இடப்பெயர்ச்சி ஏற்பட்ட திசைக்கு எதிர்த்திசையில் முடுக்கம் இருப்பதை எதிர்க்குறி குறிப்பிடுகிறது. துகளின் நிறை m எனில், அதனை மீண்டும் நடுநிலைக்குக் கொண்டுவர முயலும் மீள் விசை,

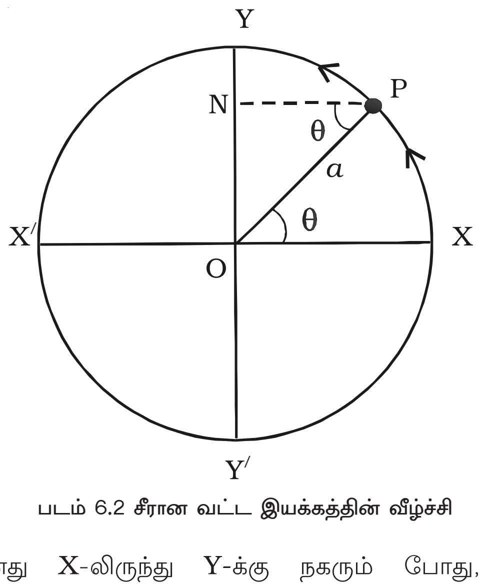
$F = -m\,\omega^2\,y$ அல்லது $F = -k\,y$

மாறிலியான $k = m\,\omega^2$, என்பது விசை மாறிலி அல்லது சுருள் மாறிலி எனப்படும். இதன் அலகு $N\ m^{-1}$. மீள் விசையானது நடுநிலையை நோக்கியே இருக்கும்.

நிலையானப் புள்ளி ஒன்றைப் பொருத்த அலைவுறு இயக்கத்தில், மீள்விசையானது, எப்பொழுதும் இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவிலும், அந்நிலையான புள்ளியை நோக்கியும் இருப்பின், அவ்வியக்கம் தனிச் சீரிசை இயக்கம் என வரையறுக்கப்படும்.

6.1.1 சீரான வட்ட இயக்கத்தின் விட்டத்தின் மீதான வீழ்ச்சியின் தனிச் சீரிசை இயக்கம்

படம் 6.2-ல் காட்டியவாறு, O என்ற மையமும் a என்ற ஆரமும் உடைய வட்டத்தின் பரிதி வழியே துகளொன்று v என்ற சீரான வேகத்துடன் இடஞ்சுழித் திசையில் இயங்குவதாகக் கருதுக. XX' மற்றும் YY' என்பன இரு செங்குத்து விட்டங்களாகும்.



படம் 6.2 சீரான வட்ட இயக்கத்தின் வீழ்ச்சி

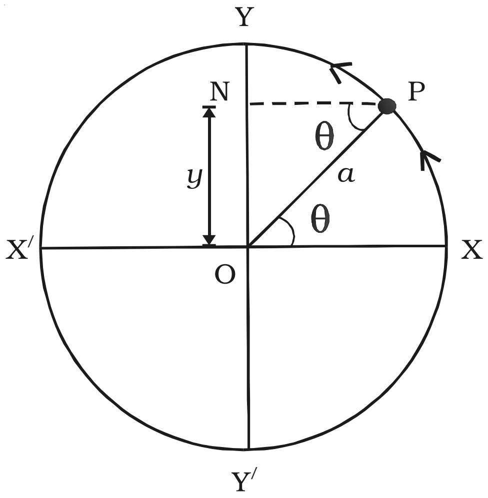
t காலத்திற்குப் பிறகு துகள் P-யில் இருப்பதாகக் கொள்க. ω என்பது கோணத்திசைவேகம் எனில், t காலத்தில் ஏற்பட்ட கோண இடப்பெயர்ச்சி $\theta = \omega t$ ஆகும். P-யிலிருந்து YY'-க்கு PN என்ற செங்குத்துக்கோடு வரைக. துகளானது X-லிருந்து Y-க்கு நகரும் போது, செங்குத்துக்கோட்டின் அடிப்புள்ளி N-ஆனது O-விலிருந்து Y-க்கு நகருகிறது.

மேலும், துகளானது Y-யிலிருந்து $X^{\prime}$-க்கும் பிறகு $Y^{\prime}$-க்கும் மீண்டும் X-க்கும் நகர்ந்தால், வீழ்ச்சி N-ஆனது Y-யிலிருந்து O-விற்கும் பிறகு $Y^{\prime}$-க்கும் மீண்டும் O-விற்கும் நகரும். துகளானது பரிதியின் வழியே ஒரு முழுச் சுற்றியக்கத்தை மேற்கொண்டால், N என்ற புள்ளி O என்ற நடுநிலையைப் பொருத்து ஒரு அலைவிற்கு உட்படுகிறது. $YY^{\prime}$ விட்டத்தின் மீதான புள்ளி N-ன் இயக்கம் தனிச் சீரிசை இயக்கமாகும்.

எனவே, சீரான வட்ட இயக்கத்தின் விட்டத்தின் மீதான வீழ்ச்சி ஒரு தனிச் சீரிசை இயக்கமாகும்.

தனிச் சீரிசை இயக்கத்தில் இடப்பெயர்ச்சி

எந்த ஒரு கணத்திலும் அதிர்வடையும் துகளானது நடுநிலையிலிருந்து கடந்து வந்த தொலைவு இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும். படம் 6.3-ல் காட்டியவாறு, துகள் P-யில் உள்ளபோது, Y-அச்சில் அதன் இடப்பெயர்ச்சி y ஆகும்.



படம் 6.3 இடப்பெயர்ச்சி

Δ OPN-ல், $\sin\theta = \dfrac{ON}{OP}$

$ON = y = OP \sin\theta$

$y = OP \sin\omega t \ (\because \theta = \omega t)$

OP என்பது வட்டத்தின் ஆரம் (a) ஆதலால், அதிர்வடையும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சி,

$$\therefore y = a \sin\omega t \qquad ...(1)$$

நடுநிலையிலிருந்து துகள் மேற்கொள்ளும் பெரும இடப் பெயர்ச்சியை, வீச்சு என வரையறுக்கலாம்.

தனிச் சீரிசை இயக்கத்தில் திசைவேகம்

இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம், அதிர்வடையும் துகளின் திசைவேகமாகும்.

சமன்பாடு (1)-ஐக் காலத்தைச் சார்ந்து வகை செய்ய, $\dfrac{dy}{dt} = \dfrac{d}{dt}(a \sin\omega t)$

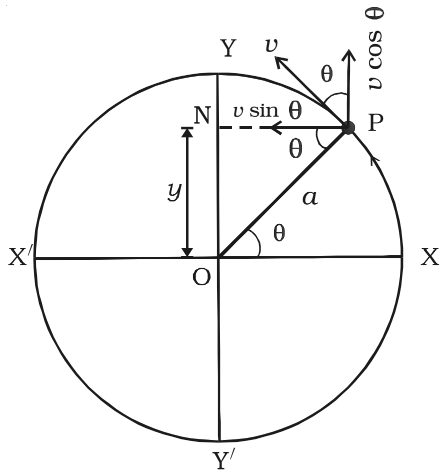
$$\therefore v = a\,\omega \cos\omega t \qquad ...(2)$$

படம் 6.4-ல் காட்டியவாறு, வட்டத்தின் வழியே இயங்கும் துகளின் திசைவேகத்தை இரு கூறுகளாகப் பகுத்தும் பெறலாம்.

(i) OY-க்கு இணையாக $v \cos \theta$

(ii) OY-க்குச் செங்குத்தாக $v \sin \theta$

$v \sin \theta$ கூறானது OY-க்குச் செங்குத்தாக இருப்பதால், YOY' வழியே அதன் விளைவு இருக்காது.



படம் 6.4 **திசைவேகம்**

∴ திசைவேகம் =

$$v \cos \theta = v \cos \omega t$$

நேர்க்கோட்டுத் திசைவேகம் = ஆரம் × கோணத் திசைவேகம்

$$\text{திசைவேகம் } v = a\omega \cos \omega t$$

$$\therefore \quad \text{திசைவேகம் } = a\omega \sqrt{1 - \sin^2 \omega t}$$

$$\text{திசைவேகம் } = a\omega \sqrt{1 - \left(\frac{y}{a}\right)^2} \quad \left[\because \sin \theta = \frac{y}{a}\right]$$

$$\text{திசைவேகம் } = \omega \sqrt{a^2 - y^2} \qquad \ldots(3)$$

சிறப்பு நேர்வுகள்

(i) நடுநிலையில் துகள் உள்ளபோது, அதாவது $y = 0$ எனில், திசைவேகம் பெருமமாகும் $(a\omega)$; $v = \pm a\omega$ என்பது திசைவேகப் பெருமம் ஆகும்.

(ii) துகளானது அதிர்வின் பெருமப் புள்ளியில் உள்ளபோது, அதாவது $y = \pm a$ எனில், திசைவேகம் சுழியாகும்.

தனிச் சீரிசை இயக்கத்தில் முடுக்கம்

திசைவேகம் மாறும் வீதம், அதிர்வடையும் துகளின் முடுக்கமாகும்.

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dy}{dt}\right)$$

$$\therefore \text{ முடுக்கம் } = \frac{d}{dt}(a\omega \cos \omega t) = -\omega^2 \, a \sin \omega t.$$

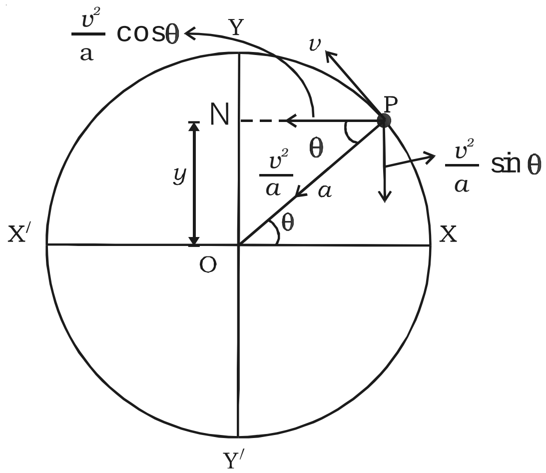
$$= \frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 y \qquad \ldots(4)$$

கூறு முறையிலும், துகளின் முடுக்கத்தைப் பெறலாம்.

PO வழியாக, துகள் P-யின் மையநோக்கு முடுக்கம் $\frac{v^2}{a}$ ஆகும். படம் 6.5-ல் காட்டியவாறு, அதனை இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம்.

(i) OY-க்குச் செங்குத்தாக, PN வழியாக $\frac{v^2}{a} \cos \theta$

(ii) YO-க்கு இணையாக $\frac{v^2}{a} \sin \theta$



படம் 6.5 முடுக்கம்

OY-க்குச் செங்குத்தாக இருப்பதால், YOY' வழியாக $\frac{v^2}{a} \cos \theta$ என்ற கூறின் விளைவு இருக்காது.

$$\text{எனவே, முடுக்கம் } = -\frac{v^2}{a} \sin \theta$$

$$= -a\,\omega^2 \sin \omega t \quad (\because v = a\,\omega)$$

$$\therefore \text{ முடுக்கம் } = -\omega^2 y \; (\because y = a \sin \omega t)$$

முடுக்கமானது, எப்பொழுதும் இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிர்த்திசையிலும் மையத்தை நோக்கியும் இருப்பதை எதிர்க்குறி குறிப்பிடுகிறது.

சிறப்பு நேர்வுகள்

(i) துகள் நடுநிலையில் உள்ளபோது, அதாவது $y = 0$ எனில், முடுக்கம் சுழியாகும்.

(ii) துகளானது அதிர்வின் பெருமப் புள்ளியில் உள்ளபோது, அதாவது $y = \pm a$ எனில், முடுக்கத்தின் மதிப்பு $\mp a\,\omega^2$ ஆகும். இம்மதிப்பு முடுக்க வீச்சு எனப்படும்.

(4)-வது சமன்பாட்டிலிருந்து, தனிச் சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டினை கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = 0 \qquad ...(5)$$

மேற்காண் சமன்பாடுகளிலிருந்து, தனிச் சீரிசை இயக்கத்திற்கான இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் மற்றும் முடுக்க மதிப்புகள் கணக்கிடப்பட்டு அட்டவணை 6.1-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 6.1 - இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கம்

காலம்	ωt	இடப்பெயர்ச்சி $a \sin \omega t$	திசைவேகம் $a\omega \cos \omega t$	முடுக்கம் $-\omega^2 a \sin \omega t$
$t = 0$	0	0	$a\omega$	0
$t = \frac{T}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$+a$	0	$-a\omega^2$
$t = \frac{T}{2}$	π	0	$-a\omega$	0
$t = \frac{3T}{4}$	$\frac{3\pi}{2}$	$-a$	0	$+a\omega^2$
$t = T$	2π	0	$+a\omega$	0

$y = 0$ என்ற நடுநிலையில் துகளின் திசைவேகம் பெருமமாகவும் ($\pm a\,\omega$) முடுக்கம் சுழியாகவும் இருக்கின்றன. $y = \pm a$ என்ற அதிர்வின் பெருமப் புள்ளியில் திசைவேகம் சுழியாகவும் முடுக்கம் பெருமமாகவும் ($\mp a\,\omega^2$)எதிர்த்திசையிலும் இருக்கின்றன.

தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை வரைபடத்தில் குறிப்பிடுதல்

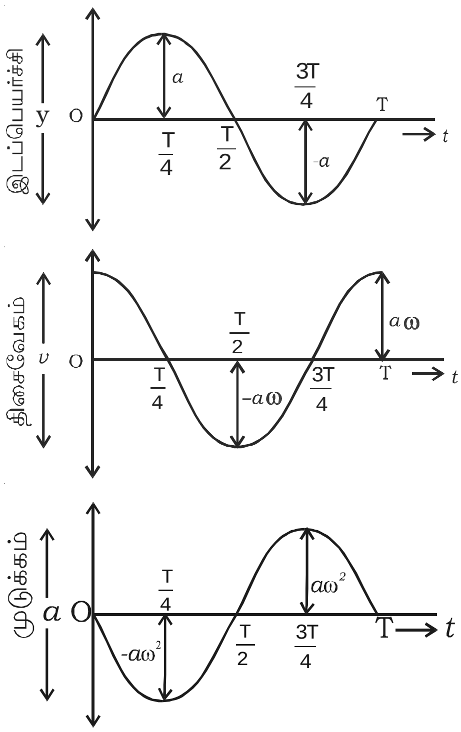
காலத்தைச் சார்ந்து மாறுபடும் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கம் ஆகியவை படம் 6.6-ல் உள்ள வரைபடங்களில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

(i) இடப்பெயர்ச்சி வரைபடம் ஒரு சைன் (sine) வளைகோடாகும். துகளின் பெரும இடப்பெயர்ச்சி $y = \pm a$.

(ii) அதிர்வடையும் துகளின் திசைவேகம் நடுநிலைப் புள்ளியில் பெருமமாகும். அதாவது, $v = \pm a\,\omega$. அதிர்வின் பெருமப் புள்ளியில் அதன் மதிப்பு சுழி ஆகும்.

(iii) அதிர்வடையும் துகளின் முடுக்கம் நடுநிலைப் புள்ளியில் சுழியாகவும் அதிர்வின் பெருமப் புள்ளியில் பெருமமாகவும் அதாவது, $\mp\, a\,\omega^2$ இருக்கும்.

இடப்பெயர்ச்சியை விட திசைவேகம் $\frac{\pi}{2}$ கட்டமும் திசை வேகத்தை விட முடுக்கம் $\frac{\pi}{2}$ கட்டமும், இடப்பெயர்ச்சியை விட முடுக்கம் π கட்டமும் முன்னோக்கி உள்ளன. அதாவது, இடப்பெயர்ச்சி நேர்க்குறி பெருமமாக இருப்பின், முடுக்கம் எதிர்க்குறி பெருமமாக இருக்கும்.



படம் 6.6 வரைபடத்தில் குறிப்பிடுதல்

6.2 தனிச் சீரிசை இயக்கத்தின் முக்கிய வரையறைகள்

(i) அலைவுக் காலம்

துகளொன்று ஒரு முழு அலைவிற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் அலைவுக் காலம் (T) ஆகும்.

படம் 6.2-ல், P என்ற துகளானது, ω கோணத் திசைவேகத்துடன், ஒரு முழுச் சுற்றினை நிறைவு செய்யும்போது, விட்டத்திற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோட்டின் அடிப்புள்ளி N, ஒரு முழு அதிர்வினை நிறைவு செய்கிறது. எனவே, அலைவுக் காலம் T ஆகும்.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{அல்லது} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

தனிச் சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சியைக் கீழ்க்கண்டவாறும் குறிப்பிடலாம்.

$$y(t) = a \sin \frac{2\pi}{T} t \qquad ...(1)$$

மற்றும் $y(t) = a \cos \frac{2\pi}{T} t$ ...(2)

இவற்றுள், T என்பது அலைவுக் காலத்தையும் a என்பது பெரும இடப்பெயர்ச்சியையும் (வீச்சு) குறிக்கிறது.

t என்பதை (t + T) என மாற்றினாலும் மேற்கண்ட சார்புகள் மீண்டும் மீண்டும் ஏற்படும்.

$$y(t+T) = a \sin \left[\frac{2\pi}{T}(t+T)\right] \qquad ...(3)$$

$$= a \sin\left[2\pi \frac{t}{T} + 2\pi\right]$$

$$= a \sin 2\pi \frac{t}{T} = y(t)$$

இதனை, பொதுவாக $y(t + nT) = y(t)$ எனவும் குறிப்பிடலாம்

மேற்காண் சார்புகள் அலைவுக் காலச் (T) சார்பிற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். ω என்பது கோண அதிர்வெண் எனில், $T = \frac{2\pi}{\omega}$ காலத்திற்குப் பிறகு இயக்கமானது மீண்டும் மீண்டும் நிகழும். துகளின் ஒரு சுற்றியக்கத்திற்கு T காலத்தில் ஏற்படும் கோணம் 2π ஆகும்.

(ii) அதிர்வெண் மற்றும் கோண அதிர்வெண்

ஒரு நொடியில் ஏற்படும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கை அதிர்வெண் எனப்படும். இது n எனக் குறிக்கப்பெறும். ஒரு அலைவை நிறைவு செய்ய ஆகும் அலைவுக் காலம் $\frac{1}{n}$ ஆகும்.

$T = \frac{1}{n}$, அதிர்வெண்ணின் தலைகீழி, அலைவுக் காலமாகும். இதன் அலகு ஹெர்ட்ஸ் *(hertz)* $\omega = 2\pi n$ என்பது கோண அதிர்வெண் ஆகும். இதன் அலகு rad s^{-1}.

(iii) கட்டம்

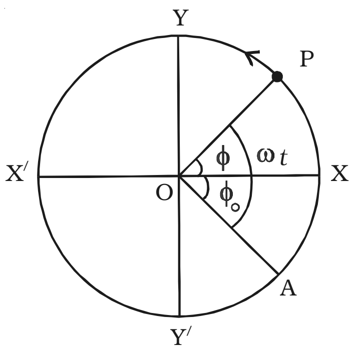
தனிச் சீரிசை இயக்கத்தில் அதிர்வடையும் துகளின் கட்டம் என்பது, எந்தவொரு கணநேரத்திலும் இயக்கத்தின் திசை மற்றும் நிலை தொடர்பான ஒன்றாகும். $y = a \sin (\omega t + \phi_o)$ என்ற சமன்பாட்டில் $(\omega t + \phi_o) = \phi$ என்பது அதிர்வடையும் துகளின் கட்டம் எனப்படும்.

தொடக்கக் கட்டம் (Epoch)

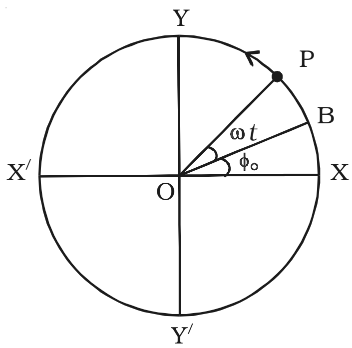
அதிர்வுறும் துகளின் தொடக்கக் கட்டமானது t = 0 காலத்தில் உள்ள கட்டமாகும்.

$\therefore \phi = \phi_o \quad (\because \phi = \omega t + \phi_o)$

காலத்தைச் சார்ந்து, அதிர்வுறும் துகளின் கட்டம் மாற்றமடையும். ஆனால், தொடக்கக் கட்டம் என்பது கட்ட மாறிலியாகும்.



(a) கட்டம் $\phi = (\omega t - \phi_o)$



(b) கட்டம் $\phi = (\omega t + \phi_o)$

படம் 6.7 கட்டம்

(i) P என்ற துகள் X என்ற நிலையிலிருந்து புறப்பட்டால், துகளின் கட்டம் சுழி.

(ii) துகள் X - ல் இருப்பதாகக் கருதி, காலத்தைக் கணிப்பதற்குப்பதிலாக, துகள் A-ல் இருப்பதாகக் கருதி காலத்தைக் கணிக்கும்போது (படம் 6.7*a*) $\angle XOP = (\omega t - \phi_o)$ ஆகும். இதில் $(\omega t - \phi_o)$ என்பது துகளின் கட்டமாகும் (ϕ). $(-\phi_o)$ என்பது தொடக்கக் கட்டமாகும்.

(iii) துகள் X - ல் இருப்பதாகக் கருதி, காலத்தைக் கணிப்பதற்குப்பதிலாக, துகள் B-ல் இருப்பதாகக் கருதி காலத்தைக் கணிக்கும்போது (படம் 6.7*b*) $\angle XOP = (\omega t + \phi_o)$ ஆகும். இதில் $(\omega t + \phi_o)$ என்பது துகளின் கட்டமாகும் (ϕ). $(+\phi_o)$ என்பது தொடக்கக் கட்டமாகும்.

கட்ட வேறுபாடு

சம அலைவுக் காலத்துடன் தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் இரு அதிர்வடையும் துகள்கள் ஒரே நேரத்தில் ஒரே திசையில் முறையே அவற்றின் மையப் புள்ளிகளைக் கடந்தால் அவை ஒத்த கட்டத்தில் உள்ளன எனப்படும்.

இரு அதிர்வடையும் துகள்கள் ஒரே நேரத்தில் ஆனால் எதிரெதிர்த்திசையில், முறையே அவற்றின் மையப்புள்ளிகளைக் கடந்தால் அவை எதிரெதிர் கட்டத்தில் உள்ளன எனப்படும். (அதாவது, π கட்ட வேறுபாட்டைப் பெற்றிருக்கும்).

அதிர்வியக்கச் சமன்பாடுகள்

$y_1 = a \sin \omega t$ மற்றும் $y_2 = a \sin (\omega t - \phi)$

கோணங்களுக்கு இடையேயுள்ள வேறுபாடு, இரு இயக்கங்களுக் கிடையேயான கட்ட வேறுபாட்டிற்குச் சமம் ஆகும்.

$\therefore$ கட்டவேறுபாடு $= \omega t - \phi - \omega t = -\phi.$

முதல் இயக்கத்தைவிட இரண்டாவது இயக்கம் பின்தங்கியுள்ளதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

$y_2 = a \sin (\omega t + \phi)$ எனில் கட்ட வேறுபாடு $= \omega t + \phi - \omega t = \phi.$

முதல் இயக்கத்தைவிட இரண்டாவது இயக்கம் முன்னோக்கி உள்ளது.

இயக்கத்திற்கான காரணத்தைக் கருதாமல், இதுவரை தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை அறிந்து கொண்டோம். இயக்கத்திற்கான காரணம் விசை (நேர்க்கோட்டுச் சீரிசை இயக்கம்) அல்லது திருப்புவிசையாக (கோணச் சீரிசை இயக்கம்) இருக்கலாம்.

தனிச் சீரிசை இயக்கத்தின் எடுத்துக்காட்டுகள்

(i) பளு ஏற்றப்பட்ட சுருள்வில்லின் கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்து அலைவுகள்

(ii) U– வடிவக் குழாயில் நீரின் செங்குத்து அலைவுகள்

(iii) மிதக்கும் உருளையின் அலைவுகள்

(iv) தனி ஊசலின் அலைவுகள்

(v) இசைக் கவையொன்றின் அதிர்வுகள்

6.3 தனிச் சீரிசை அலைவுகளின் இயக்க விசையியல்

அமைப்பொன்றில் அலைவுகள் ஏற்பட, மீட்சிப் பண்பு மற்றும் நிலைமம் ஆகிய இரு அடிப்படைப் பண்புகள் காரணமாக உள்ளன. பொருளொன்று, மையப்புள்ளியிலிருந்து இடம்பெயரச் செய்யப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுக. மீள்விசையானது அப்பொருளை மீண்டும் மையப்புள்ளிக்குக் கொண்டு வரும்.

(i) அதிர்வின் பெருமப்புள்ளியில் இடப்பெயர்ச்சி பெருமம்; திசைவேகம் சுழி; முடுக்கம் பெருமம். பொருளானது மையப்புள்ளியை நோக்கி நகரும்.

(ii) மீள்விசையின் காரணமாக, பொருள் மீண்டும் மையப்புள்ளியை வந்தடையும். அங்கு, திசைவேகமானது எதிர்ப் பெருமமாக இருப்பதால், பொருள் மையப்புள்ளியைக் கடந்துசெல்லும்.

(iii) அதிர்வின் எதிர்ப் பெருமப் புள்ளியில் இடப்பெயர்ச்சி எதிர்ப் பெருமம்; திசைவேகம் சுழி; முடுக்கம் நேர்ப் பெருமம் ; எனவே, பொருளானது மையப் புள்ளியை நோக்கி நகருகிறது. மறுபடியும் மையப்புள்ளியில் இடப்பெயர்ச்சி சுழியாகும் போது திசைவேகம் நேர்ப் பெருமமாகிறது.

(iv) பொருளின் நிலைமம் காரணமாக, மையப்புள்ளியைக் கடந்து செல்கிறது. இதுபோன்ற நிகழ்வு மீண்டும் மீண்டும் ஏற்படுவதால் அமைப்பு அலைவுறுகிறது.

மீள்விசையானது இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவிலும் மையத்தை நோக்கியும் இருக்கும்.

அதாவது, $F \propto y$

$$F = -ky \qquad \ldots (1)$$

இதில் k என்பது விசை மாறிலி ஆகும். அதனை, ஓரலகு இடப்பெயர்ச்சியை ஏற்படுத்தும் விசை எனக் கூறலாம். இதன் அலகு N m^{-1}.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி

$$F = ma \qquad \ldots(2)$$

$$\therefore -k\, y = ma$$

அல்லது $$a = -\frac{k}{m}\, y \qquad \ldots(3)$$

தனிச் சீரிசை இயக்கச் சமன்பாட்டின்படி $a = -\omega^2 y$

முடுக்கமானது, இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவிலும் எதிராகவும் இருக்கும்.

மேற்காண் சமன்பாடுகளிலிருந்து $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ... (4)

அலைவுக் காலம், $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\text{நிலைமக் காரணி}}{\text{சுருள் காரணி}}} \quad ...(5)$$

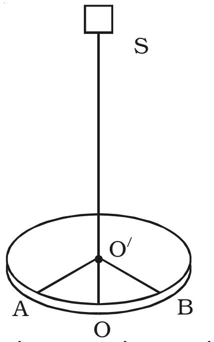
6.4 கோணச் சீரிசை அலையியற்றி

கம்பி ஒன்று செங்குத்தாகத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளதாக் கருதவும். கம்பியின் கீழ்முனையில் எடை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியை மையநிலையிலிருந்து θ கோணத்திற்குத் திருப்பினால் அதன் மீது மீள் திருப்புவிசை செயல்பட்டு, கம்பியை மீண்டும் மையநிலைக்குக் கொண்டுவர முயலும். மீள் திருப்புவிசையானது கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

எனவே $\tau = -C\,\theta$ ...(1)

இதில் C என்பது திருப்புவிசை மாறிலியாகும். ஓரலகு கோண இடப் பெயர்ச்சியினை ஏற்படுத்தத் தேவையான இரட்டையின் திருப்புத் திறனை திருப்புவிசை மாறிலி எனலாம். இதன் அலகு $\mathrm{N\ m\ rad^{-1}}$.

திருப்புவிசையானது கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிர்த்திசையில் இருப்பதை எதிர்க்குறி குறிக்கிறது. இவ்வகை நிகழ்வு கோணச் சீரிசை இயக்கம் ஆகும். எடுத்துக்காட்டுகள் : முறுக்கு ஊசல், கைக்கடிகாரத்தில் சமன் செய்யப்பட்ட சக்கரம்



படம் 6.8 முறுக்கு ஊசல்

திருப்புவிசை, $\tau = I\,\alpha$ ...(2)

இதில் τ என்பது திருப்பு விசையையும், I என்பது நிலைமத் திருப்புத் திறனையும், α என்பது கோண முடுக்கத்தையும் குறிக்கிறது.

$\therefore$ கோணமுடுக்கம், $\alpha = \frac{\tau}{I} = -\frac{C\theta}{I}$ ...(3)

இச்சமன்பாடு, $a = -\omega^2\,y$ என்பதைப் போன்று உள்ளது.

y-க்குப் பதிலாக θ–வையும், a-க்குப் பதிலாக α–வையும் பிரதியிட்டால்

$$\alpha = -\omega^2\theta = -\frac{C}{I}\theta$$

$$\therefore \quad \omega = \sqrt{\frac{C}{I}}$$

∴ அலைவுக் காலம், $$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$$

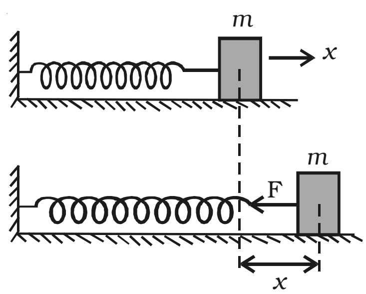
∴ அதிர்வெண், $$n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{I/C}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{I}}$$

6.5 நேர்ப்போக்குச் சீரிசை அலையியற்றி

சுருள்வில்லுடன் இணைக்கப்பட்ட பொருள் ஒரு நேர்ப்போக்குச் சீரிசை அலையியற்றியாகும். எடுத்துக்காட்டாக, சுருள்வில் மீதமைந்த பலகை மற்றும் வயலின் கம்பி போன்ற அலைவுறும் அமைப்புகள் சுருளும் தன்மையையும் (சுருள்மாறிலி, **k**) நிலைமத் தன்மையையும் (**m**) பெற்றுள்ளன.

6.5.1 சுருள்வில்லின் கிடைத்தள அலைவுகள்

ஹீக் விதிக்கு உட்படும் சுருள்வில் ஒன்றின் ஒரு முனை நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டும் மறுமுனையில் m என்ற நிறையும் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதவும் (படம் 6.9). பொருளானது, உராய்வற்ற சமதளப் பரப்பின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளை வலப்பக்கமாக x தொலைவு இடம்பெயரச் செய்து விடுவித்தால், மீள் விசையானது எதிர்த் திசையில் செயல்பட்டு அலைவுறச் செய்யும். இவ்விசை இடப் பெயர்ச்சிக்கு நேர்த் தகவில் இருக்கும்.



படம் 6.9 நேர்ப் போக்குச் சீரிசை அலையியற்றி

∴ மீள் விசை $F = -kx$.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி, $F = ma$

$$\therefore \ ma = -kx \text{ (அல்லது) } a = \frac{-k}{m}x$$

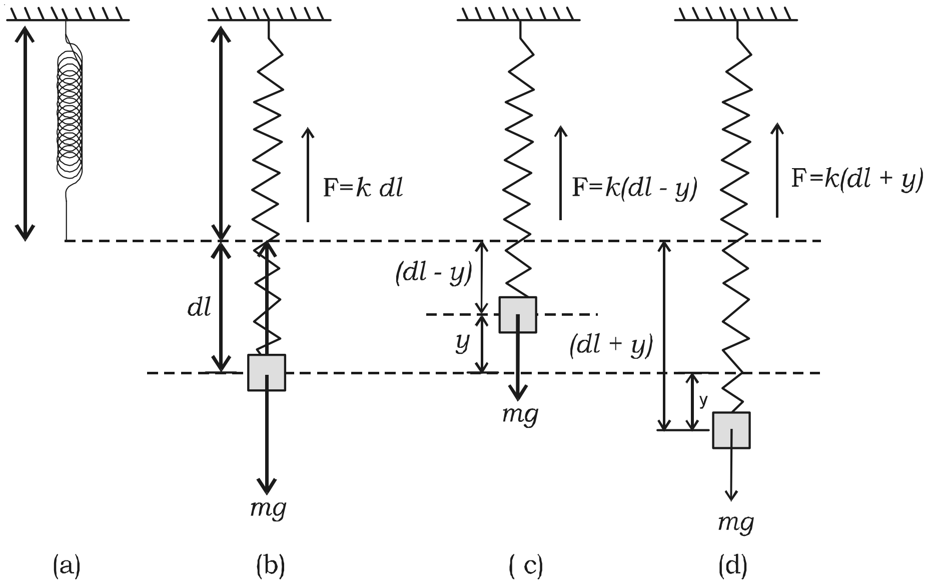
இதனை, தனிச் சீரிசை இயக்கச் சமன்பாடான $a = -\omega^2 x$, உடன் ஒப்பிட,

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \text{ (அல்லது) } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

ஆனால், அலைவுக்காலம் $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$\therefore$ அதிர்வெண், $n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

6.5.2 சுருள்வில்லின் செங்குத்து அலைவுகள்



படம் 6.10 பளு ஏற்றப்பட்ட சுருள்வில்லின் செங்குத்து அலைவுகள்

லேசான, மீட்சித் தன்மைமிக்க சுருள்வில் ஒன்று செங்குத்தாக தொங்கவிடப்பட்டுள்ளதை படம் 6.10(a) காட்டுகிறது. படம் 6.10(b)–ல் காட்டியவாறு, அதன் கீழ்முனையில் m நிறை உடைய பொருளை இணைத்தால், சுருள்வில்லானது dl என்ற சிறிய நீளத்திற்கு நீட்சியடைகிறது. சுருள்வில் ஏற்படுத்தும் மேல்நோக்கிய விசையும் (F) கீழ்நோக்கிய எடையும் (mg) சமமாக இருக்கும்.

மீள் விசை, $F = k\, dl$

$$k\, dl = mg \qquad \ldots(1)$$

இதில், k என்பது சுருள் மாறிலி ஆகும். பொருளின் மீது சிறிதளவு விசையைச் செயல்படுத்தி, அதனைச் சிறு தொலைவிற்கு கீழ்நோக்கி இழுத்துவிட்டால், மையப்புள்ளியைப் பொருத்து மேலும் கீழும் அலைவுறும். படம் 6.10c–ல் காட்டியவாறு, பொருளானது மையப்புள்ளிக்கு மேலே y தொலைவில் இருப்பதாகக் கொள்க. சுருள்வில்லின் நீட்சி $(dl - y)$ ஆகும். பொருளின் மீது செயல்படும் மேல் நோக்கிய விசை $k\ (dl - y)$ எனில், அதன் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசை,

$$F = k\ (dl - y) - mg = -ky \qquad ...(2)$$

இத்தொகுபயன் விசையானது, சமநிலைப்புள்ளியிலிருந்து பொருள் அடைந்த இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த் தகவில் இருப்பதால், இயக்கம் தனிச் சீரிசை இயக்கமாகும்.

படம் 6.10 d–ல் காட்டியவாறு, ஏற்படுத்தப்பட்ட மொத்த நீட்சி $(dl + y)$ எனில், பொருளின் மீதான மேல்நோக்கிய மீள்விசை $k\ (dl + y)$ ஆகும்.

எனவே, சுருளின் மீதான மேல்நோக்கிய விசையின் மாற்றம் (அதிகமாகும்)

$$k\ (dl + y) - mg = ky$$

ஆகவே, கீழ்நோக்கிய நீட்சியை ஏற்படுத்தினால், சுருள்வில்லின் மீது, மீள் விசையானது ky என்ற மதிப்பு அதிகமாகிறது. விசையானது இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிர்த்திசையில் செயல்படுவதால் இயக்கம், தனிச் சீரிசை இயக்கமாகும்.

$$F = -ky$$

$$ma = -ky$$

$$a = -\frac{k}{m}y \qquad ...(3)$$

தனிச் சீரிசை இயக்கச் சமன்பாடு, $a = -\omega^2 y$

மேற்காண் சமன்பாடுகளை ஒப்பிட,

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad ...(4)$$

ஆனால், $$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad ...(5)$$

சமன்பாடு (1) லிருந்து, $mg = k\ dl$

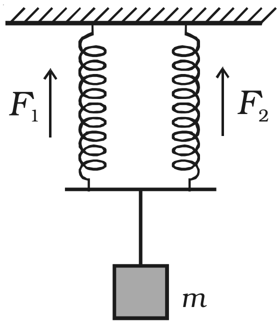
$$\frac{m}{k} = \frac{dl}{g}$$

எனவே, அலைவு காலம், $T = 2\pi \sqrt{\frac{dl}{g}}$ ...(6)

அதிர்வெண், $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{dl}}$

நேர்வு 1 : இரு சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருந்தால்

படம் 6.11–ல் காட்டியவாறு, k_1 மற்றும் k_2 என்ற சுருள் காரணிகள் உடைய இரு சுருள்வில்கள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுக. கூட்டமைப்பின் கீழ்முனையில் m நிறையுடைய பொருள் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 6.11 பக்க இணைப்பில் சுருள்வில்கள்

சமநிலையிலிருந்து, பொருளை y–தொலைவிற்கு கீழ்நோக்கி இழுப்பதாகக் கருதுக. இரு சுருள்வில்களும் y என்ற சமநீளத்திற்கு நீட்சியடையும். ஆனால், அவற்றின் மீள்விசைகள் மாறுபட்டிருக்கும்.

F_1 மற்றும் F_2 என்பன மீட்சிவிசைகள் எனில்,

$$F_1 = -k_1 y, \; F_2 = -k_2 y$$

$\therefore$ மொத்த மீள்விசை = $(F_1 + F_2) = -(k_1 + k_2)\ y$

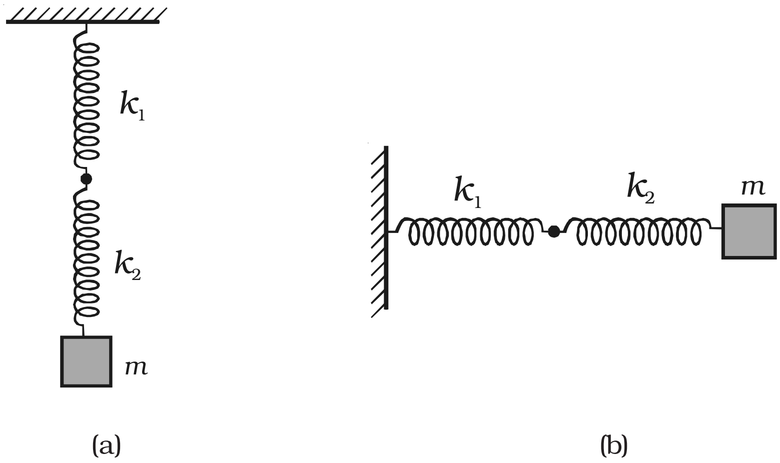
எனவே, அலைவுக் காலம் $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$

$k_1 = k_2 = k$ எனில் $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$

$\therefore$ அதிர்வெண், $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2k}{m}}$

நேர்வு 2 : இரு சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருந்தால்

இரு சுருள்வில்களை தொடரிணைப்பில் இரு விதமாக இணைக்கலாம் (படம் 6.12 a, 612 b)



படம் 6.12 தொடரிணைப்பில் சுருள்வில்கள்

இரு சுருள்வில்களின் தொடரிணைப்பின் கூட்டமைப்பினை y தொலைவிற்கு இடம்பெயரச் செய்தால், $\mathbf{k}_1$ மற்றும் $\mathbf{k}_2$ என்ற விசைமாறிலிகள் உடைய அவற்றில் y_1 மற்றும் y_2 என்ற நீட்சிகள் உருவாகும்.

$$F = -k_1 \ y_1$$

$$F = -k_2 \ y_2$$

இதில் F என்பது மீள்விசை ஆகும்.

மொத்த நீட்சி, $y = y_1 + y_2 = -F \left[\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right]$

ஆனால், $F = -ky$

$$\therefore \ y = -\frac{F}{k}$$

சமன்பாடுகள் (5) மற்றும் (6)–லிருந்து, $-\frac{F}{k} = -F \left[\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right]$

(அல்லது) $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$

$\therefore$ அலைவுக் காலம், $T = 2\pi \sqrt{\frac{m(k_1+k_2)}{k_1 k_2}}$

அதிர்வெண், $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_1 k_2}{(k_1+k_2)m}}$

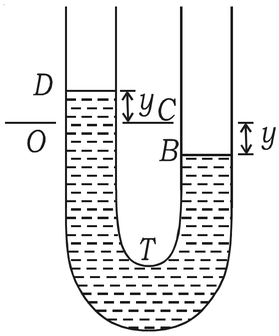
இரு சுருள்வில்களும் சம விசைமாறிலி கொண்டிருப்பின்

$k_1 = k_2 = k$ எனில் $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{2m}}$

*6.5.3 **U** – வடிவக் குழாயில் திரவத்தம்பத்தின் அலைவுகள்*

A என்ற சீரான குறுக்குப் பரப்பும் l நீளமும் உடைய பாகியல் தன்மையற்ற திரவத்தம்பம் ஒன்றைக் கருதுக (படம் 6.13). தொடக்கத்தில் இரு புயங்களிலும் திரவ மட்டங்கள் சமமாக உள்ளன. குழாயின் ஒரு புயத்தில், திரவ மட்டம் கீழிறங்குமாறு அழுத்தப்படின், இரண்டு திரவ மட்டங்களும் O மற்றும் C என்ற தொடக்கப் புள்ளிகளைப் பொருத்து, குறுகிய காலத்திற்கு அலைவுறும்.

குழாயின், ஒரு புயத்தில் திரவ மட்டத்தை y தொலைவிற்கு கீழிறங்கச் செய்யும்போது (depressed), இரு புயங்களில் உள்ள திரவ மட்டங்களுக்கு இடையேயான வேறுபாடு $2y$ ஆக இருக்கும். குழாயின் இடது புயத்தில், O என்ற தொடக்க நிலைக்கு மேல் y உயரத்தில் D என்ற நிலையில் திரவ மட்டம் இருப்பின், வலது புயத்தில் C என்ற தொடக்க நிலைக்குக் கீழ் y ஆழத்தில் B என்ற நிலையில் திரவ மட்டம் இருக்கும். மீள் விசையின் காரணமாக திரவத்தின் மீது ஏற்படும் கூடுதல் அழுத்தம்,



படம் 6.13 **U** – வடிவக் குழாயில் திரவத் தம்பத்தின் அலைவுகள்

கூடுதல் உயரம் × அடர்த்தி × g

$\therefore$ அழுத்தம் $= 2\, y\, \rho\, g$

திரவத்தின் மீதான விசை = அழுத்தம் × குழாயின் குறுக்குப்பரப்பு

$= -\, 2\, y\, \rho\, g \times A$ ..... (1)

O-விலிருந்து அளவிடப்படும் இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிர்த்திசையில் விசை

செயல்படுவதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

l நீளமுள்ள திரவத் தம்பத்தின் நிறை = கன அளவு × அடர்த்தி

$$m = l\,A\,\rho$$

$$\therefore\ F = l\,A\,\rho\,a \qquad \text{.... (2)}$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)-லிருந்து

$$l\,A\,\rho\,a = -\,2\,y\,A\,\rho\,g$$

$$\therefore\ a = -\frac{2g}{l}y \qquad \text{..... (3)}$$

ஆனால், $a = -\omega^2 y$

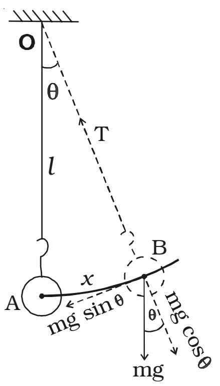
$$\therefore\quad a = -\frac{2g}{l}y = -\omega^2 y\ ;\ \omega = \sqrt{\frac{2g}{l}}$$

முடுக்கம், இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்த்தகவில் இருப்பதால், இயக்கம் தனிச் சீரிசை இயக்கமாகும்.

$$\therefore \text{அலைவுக் காலம் } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$$

6.5.4 தனி ஊசலின் அலைவுகள்

தனி ஊசலில், புறக்கணிக்கத்தக்க நிறை மற்றும் மீட்சித் தன்மையற்ற நூல் ஒன்றின் ஒருமுனை கட்டப்பட்டு மறுமுனையில் m நிறையுடைய கோளவடிவக் குண்டு (bob) தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். ஊசலின் நீளம் l எனக் கருதுக. ஊசல் குண்டினை சிறிதளவு இடம்பெயரச் செய்யுமாறு இழுத்து விடப்பட்டால், அது மையநிலையைப் பொருத்து அலைவுறும். ஊசலின் இடம் பெயர்ந்த நிலையை படம் 6.14 காட்டுகிறது.



படம் 6.14 தனி ஊசல் – நேர்ப் போக்குச் சீரிசை இயக்கம்

செங்குத்தான நிலையிலிருந்து, நூல் θ கோணத்தை ஏற்படுத்துவதாகக் கருதுவோம். A என்ற நடுநிலையிலிருந்து ஊசல் குண்டானது AB தொலைவில் இருக்கிறது. B-யில் எடை mg-யானது செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கிச் செயல்படு கிறது. இவ்விசையை (எடை) இருகூறுகளாகப் பகுக்கலாம்.

(i) $mg\ cos\ \theta$ என்ற கூறு, நூலின் வழியே O என்ற நிலைப்புள்ளியை நோக்கிச் செயல்படும் இழுவிசையை சமன் செய்கிறது.

(ii) நூலிற்குச் செங்குத்தாக செயல்படும் $mg\ sin\ \theta$ என்ற கூறு சமன் செய்யப்படுவதில்லை. இவ்விசையானது, ஊசல் குண்டை நடுநிலைக்குக் கொண்டு வர முயல்கிறது. அலைவின் வீச்சு சிறியதாக இருப்பதால் ஊசல் குண்டின் பாதை நேர்க்கோடாக கருதப்படுகிறது.

$$\therefore\ F = -mg\ sin\ \theta \qquad ...(1)$$

கோண இடப்பெயர்ச்சி சிறியதாதலால், $\sin\ \theta \approx \theta$

$$\therefore\ F = -mg\ \theta \qquad ...(2)$$

ஆனால், $\theta = \dfrac{x}{l}$

$$\therefore\ F = -\ mg\ \frac{x}{l}$$

இச்சமன்பாட்டினை நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியான $F = ma$-உடன் ஒப்பிட,

$$\text{முடுக்கம், } a = -\ \frac{gx}{l} \qquad ...(3)$$

இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிர்த்திசையில் முடுக்கம் இருப்பதை எதிர்க்குறி குறிப்பிடுகிறது. எனவே, தனி ஊசலின் இயக்கம் ஒரு தனிச் சீரிசை இயக்கமாகும்.

தனிச் சீரிசை இயக்கத்தின் முடுக்கம், $a = -\omega^2 x$ இது, சமன்பாடு (3)-க்கு சமம்.

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \text{ அல்லது } \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \qquad ...(4)$$

$$\text{அலைவுக் காலம், } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad ...(5)$$

$$\therefore \text{ அதிர்வெண், } n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \qquad ...(6)$$

ஊசலின் விதிகள்

தனி ஊசலின் அலைவுகளின் அலைவுக் காலச் சமன்பாட்டிலிருந்து கீழ்க்காண் விதிகளை வருவிக்கலாம்.

(i) நீளத்தின் விதி

தனி ஊசலின் அலைவுகளின் அலைவுக் காலம், ஊசலின் நீளத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

அதாவது, $T \propto \sqrt{l}$

(ii) முடுக்கத்தின் விதி

தனி ஊசலின் அலைவுகளின் அலைவுக் காலம், ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும்.

அதாவது, $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

(iii) நிறையின் விதி

தனி ஊசலின் அலைவுகளின் அலைவுக் காலம், ஊசல் குண்டின் நிறையையும் பொருளையும் (material) சார்ந்ததல்ல.

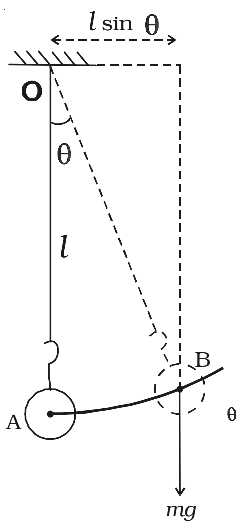
(iv) வீச்சின் விதி

சிறிய வீச்சுடன் அலைவுறும் தனி ஊசலின் அலைவுக் காலம், வீச்சினைச் சார்ந்ததல்ல.

குறிப்பு : 0.99 m நீளமுள்ள நொடி ஊசலின் அலைவுக் காலம் 2 நொடிகளாகும்.

$$2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$\therefore \; l = \frac{9.81 \times 4}{4\pi^2} = 0.99 \text{ m}$$



படம் 6.15 தனி ஊசல் - கோணச் சீரிசை இயக்கம்

தனி ஊசலின் அலைவுகளை கோணச் சீரிசை இயக்கமாகவும் கருதலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில், B-யில் ஊசல் குண்டு உள்ளபோது, அது ஏற்படுத்திய கோண இடப்பெயர்ச்சி θ எனக் கருதுக. இயக்கத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகக் கிடைத்தளக் கோட்டினைப் பொருத்து ஊசல் குண்டு சுழல்கிறது (படம் 6.15).

O-வைப் பொருத்த மீள் திருப்புவிசை,

$$\tau = -\, mg\, l \sin \theta$$

$$\tau = -m\,g\,l\,\theta \text{ (ஏனெனில் } \theta \text{ மிகச் சிறியது)} \quad ...(1)$$

அச்சைப் பொருத்த நிலைமத் திருப்புத்திறன்= $m\,l^2$ ...(2)

வீச்சு சிறியதாதலால், ஊசல் குண்டின் இயக்கம், கோணச் சீரிசை இயக்கமாகும். எனவே, சுழற்சி அச்சைப் பொருத்து அமைப்பின் கோண முடுக்கம்,

$$\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{-mgl\theta}{ml^2} \;;\alpha = -\frac{g}{l}\theta \quad ...(3)$$

தனிச் சீரிசை இயக்கச் சமன்பாடு, $\alpha = -\omega^2\,\theta$ ...(4)

சமன்பாடுகள் (3) மற்றும் (4)-னை ஒப்பிட, $-\omega^2\theta = -\frac{g}{l}\theta$

கோண அதிர்வெண், $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$

அலைவுக் காலம், $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ...(5)

அதிர்வெண், $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ ...(6)

6.6 தனிச் சீரிசை இயக்கத்தில் ஆற்றல்

மாற்றமடையா விசை செயல்படும்போது, அலைவுறும் துகள் ஒன்றின் மொத்த ஆற்றல், அதன் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலைஆற்றலின் கூடுதலுக்குச் சமம் ஆகும்.

மையப் புள்ளியிலிருந்து y இடப்பெயர்ச்சி உள்ள நிலையில், தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் திசைவேகம், $v = \omega\sqrt{a^2 - y^2}$

இயக்க ஆற்றல்

m நிறையுடைய துகளின் இயக்க ஆற்றல்,

$$K = \frac{1}{2}m\left[\omega\sqrt{a^2 - y^2}\right]^2$$

$$K = \frac{1}{2} m\,\omega^2 (a^2 - y^2) \qquad ...(1)$$

நிலை ஆற்றல்

தனிச் சீரிசை இயக்கத்தில், $F = -ky.$ சிறிய இடப்பெயர்ச்சி dy-யின் போது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$dW = -F.dy = -(-ky)\ dy = ky\ dy$$

$\therefore$ y இடப்பெயர்ச்சிக்கான மொத்த வேலை,

$$W = \int dW = \int_0^y ky\ dy$$

$$W = \int_0^y m\omega^2 y\,dy \quad [\because k = m\omega^2]$$

$$\therefore W = \frac{1}{2} m\omega^2 y^2$$

செய்யப்பட்ட இந்த வேலை, பொருளினுள் நிலையாற்றலாக சேமிக்கப்பட்டிருக்கும்.

$$U = \frac{1}{2} m\,\omega^2 y^2 \qquad ...(2)$$

மொத்த ஆற்றல் $E = K + U$

$$= \frac{1}{2} m\omega^2 (a^2 - y^2) + \frac{1}{2} m\,\omega^2 y^2$$

$$= \frac{1}{2} m\,\omega^2 a^2$$

ஆகவே, தனிச் சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின் மொத்த ஆற்றல் $\frac{1}{2} m\,\omega^2 a^2$ ஆகும்.

சிறப்பு நேர்வுகள்

(i) துகள் மையப்புள்ளியில் உள்ளபோது அதாவது $y = 0$ என்ற நிலையில் இயக்க ஆற்றல் பெருமமாகவும் நிலை ஆற்றல் சுழியாகவும் உள்ளது. எனவே, மொத்த ஆற்றலும் இயக்க ஆற்றலாக உள்ளது.

$$E = K_{பெருமம்} = \frac{1}{2} m\omega^2 a^2$$

(ii) துகளின் அதிர்வின் பெருமப் புள்ளியில், அதாவது $y = \pm a$ என்ற நிலையில் இயக்க ஆற்றல் சுழியாகவும் நிலை ஆற்றல் பெருமமாகவும் உள்ளது. எனவே, மொத்த ஆற்றலும் நிலை ஆற்றலாக உள்ளது.

$$E = U_{பெருமம்} = \frac{1}{2} m\omega^2 a^2$$

(iii) $y = \frac{a}{2}$ என்ற நிலையில், $K = \frac{1}{2} m \omega^2 \left[a^2 - \frac{a^2}{4}\right]$

$$\therefore K = \frac{3}{4}\left(\frac{1}{2}m\omega^2 a^2\right) \qquad ; K = \frac{3}{4}E$$

$$U = \frac{1}{2}m\,\omega^2\left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{2}m\,\omega^2 a^2\right)$$

$$\therefore U = \frac{1}{4} E$$

வீச்சில் பாதியாக இடப்பெயர்ச்சி உள்ளபோது $K = \frac{3}{4} E$, $U = \frac{1}{4} E$ ஆகும். K–வும் U -ம் 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன.

$$E = K + U = \frac{1}{2} m\, \omega^2 a^2$$

வேறெந்த நிலையிலும் மொத்த ஆற்றலானது, ஒரு பகுதி இயக்க ஆற்றலாகவும், ஒரு பகுதி நிலை ஆற்றலாகவும் இருக்கும்.

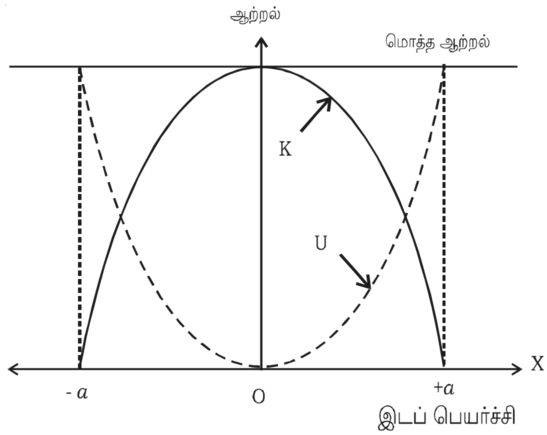
தனிச் சீரிசை இயக்கத்தில் உள்ள துகள், ஆற்றல் அழிவின்மை விதிக்கு உட்படுகிறது என்பதை மேற்காண் விளக்கம் மெய்ப்பிக்கிறது.

ஆற்றல் வரைபடம்

y-ன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு K மற்றும் U மதிப்புகள் E-ன் வாயிலாக அட்டவணை 6.2-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. படம் 6.16-ல் காட்டியவாறு, அலைவுறும் துகளின் ஆற்றல் இடப்பெயர்ச்சியைச் சார்ந்து மாறுபடுவதைக் குறிப்பிடலாம்.

அட்டவணை 6.2 ஆற்றல்

y	0	$\frac{a}{2}$	a	$-\frac{a}{2}$	$-a$
இயக்க ஆற்றல்	E	$\frac{3}{4}E$	0	$\frac{3}{4}E$	0
நிலை ஆற்றல்	0	$\frac{1}{4}E$	E	$\frac{1}{4}E$	E



படம் 6.16 ஆற்றல் - இடப்பெயர்ச்சி வரைபடம்

6.7 அலைவுகளின் வகைகள்

அலைவுகளில் மூன்று முக்கிய வகைகள் உள்ளன.

(i) இயல்பு அலைவுகள்

பொருள் ஒன்று தனது இயல் அதிர்வெண்ணில் அதிர்வடைந்தால், அது இயல்பு அலைவுகளை மேற்கொள்கிறது எனலாம். இவ்வலைவுகளின் அதிர்வெண், நிலைமக் காரணி யையும் சுருள் காரணியையும் சார்ந்தது.

$$n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

எடுத்துக்காட்டுகள்

(i) இசைக் கவையின் அதிர்வுகள்

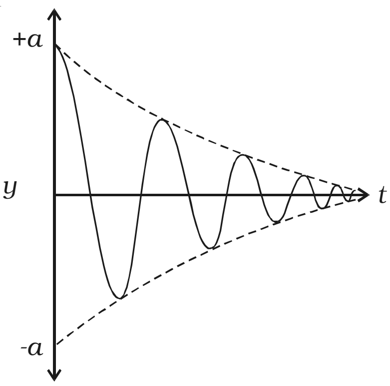
(ii) விறைப்பான கம்பியில் ஏற்படும் அதிர்வுகள்

(iii) தனி ஊசலின் அலைவுகள்

(iv) பாட்டில் (Bottle) ஒன்றின் வாய்ப்பகுதியில் காற்று ஊதப்படுதல்

(ii) தடையுறு அலைவுகள்

காற்று அல்லது ஏதேனும் ஒரு ஊடகத்தில் ஏற்படும் அலைவுகள் பெரும் பாலும் தடையுறக்கூடியதாகவே இருக்கின்றன. அலைவுகளின் போது, ஊடகத்தின் உராய்வு அல்லது காற்றுத்தடை காரணமாக தடையுறச் செய்யும் விசை ஏற்படுகிறது. எனவே, தடையுறு விசையிலிருந்து மீண்டு வரும்போது ஆற்றலின் ஒரு பகுதி வீணாகிறது. ஆகவே, அலைவுகளின் வீச்சு காலத்தைச் சார்ந்து குறைந்து பிறகு சுழியாகி விடும். இவ்வகை அலைவுகள் தடையுறு அலைவுகள் எனப்படும். (படம் 6.17)



படம் 6.17 தடையுறு அலைவுகள்

எடுத்துக்காட்டுகள்

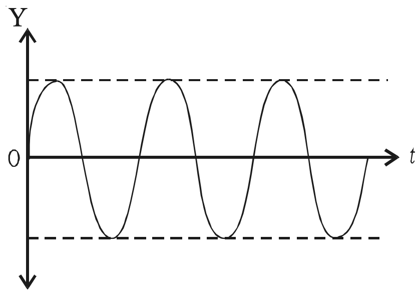
(i) காற்றில் அலைவுறும் தனிஊசல்

(ii) கால்வனாமீட்டரில் கம்பிச் சுருளில் ஏற்படும் மின்காந்தத் தடையுறு அலைவுகள்

(iii) தொட்டிச் சுற்றில் உருவாகும் மின்காந்த அலைவுகள்

(iii) நிலைநிறுத்தப்பட்ட அலைவுகள்

அலைவுறும் அமைப்பொன்றிற்கு ஆற்றலைத் தொடர்ந்து கொடுப்பதன் மூலம் மாறா வீச்சு அலைவுகளை ஏற்படுத்த முடியும். அமைப்பில் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பை ஈடுசெய்ய ஆற்றல் அளிக்கப் பட்டால் அலைவுகளின் வீச்சு மாறாமல் இருக்கும். இவ்வகை அலைவுகள் நிலை நிறுத்தப்பட்ட அலைவுகள் எனப்படும் (படம் 6.18).



படம் 6.18 நிலைநிறுத்தப்பட்ட அலைவுகள்

எடுத்துக்காட்டுகள்

நிலையான, மாறாத வீச்சுடன் அலைவுற ஊஞ்சலுக்கு ஆற்றல் தொடர்ந்து கொடுக்கப்படும்.

(iv) திணிப்பு அலைவுகள்

பொருளொன்றின் மீது சீரலைவு விசையைச் செயல்படுத்தி, இயல் அதிர்வெண் அல்லாமல் விசையின் அதிர்வெண்ணில் (n) அதிர்வடையச் செய்தால், அவ்வதிர்வுகளை திணிப்பு அதிர்வுகள் எனலாம். புறவிசையை இயக்கி (driver) என்றும் அதிர்வடையும் பொருளை இயங்கி (driven) என்றும் கூறலாம்.

புறச்சீரலைவு விசையானது, பொருளை அதிர்வடையச் செய்கிறது. இயக்கி மற்றும் இயங்கியின் அதிர்வெண் வேறுபாட்டினைக் கொண்டு திணிப்பதிர்வின் வீச்சினைக் கணக்கிடலாம். அதிர்வெண் வேறுபாடு அதிகமாக இருப்பின் திணிப்பு அலைவுகளின் வீச்சு குறைவாக இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

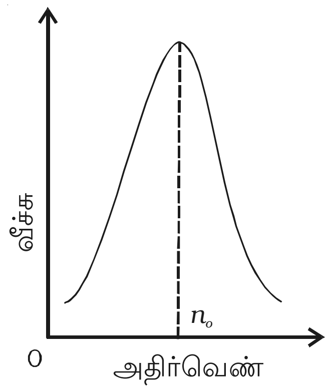
(i) கம்பிகள் உள்ள இசைக் கருவிகளின் அமைப்பு திணிப்பு அதிர்விற்கு உட்படுகிறது.

(ii) அதிர்வடையும் இசைக்கவையை தப்லா (tabla) கருவியின் மீது அழுத்துவதால் அது திணிப்பு அதிர்விற்கு உட்படுகிறது.

(v) ஒத்ததிர்வு

திணிப்பதிர்வில், அதிர்வெண் வேறுபாடு குறைவாக இருப்பின் வீச்சு அதிகமாக இருக்கும் (படம் 6.19). இரு அதிர்வெண்களும் சமமாக இருப்பின் வீச்சு பெருமமாக இருக்கும். இந்நிகழ்வு திணிப்பதிர்வில் ஒரு சிறப்பு நிகழ்வாகும்.

புறச்சீரலைவு விசையின் அதிர்வெண்ணும் அமைப்பின் அலைவின் இயல் அதிர்வெண்ணும் சமமாக இருப்பின், அலைவின் வீச்சு மிக அதிகமாக இருக்கும். இதனை ஒத்ததிர்வு என்கிறோம்.



படம் 6.19 ஒத்ததிர்வு

நன்மைகள்

(i)சுரமானியைக் (sonometer) கொண்டு, ஒத்ததிர்வைப் பயன்படுத்தி இசைக்கவை ஒன்றின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

(ii) வானொலி மற்றும் தொலைக்காட்சியில் தொட்டிச் சுற்றில் ஒத்ததிர்வைப் பயன்படுத்தி தேவையான அதிர்வெண்ணைப் பெறலாம்.

தீமைகள்

(i) நிலநடுக்கத்தின் போது ஒத்ததிர்வு அழிவை ஏற்படுத்தும். நிலநடுக்கத்தினால் ஏற்படும் சீரலைவுகளின் அதிர்வெண் கட்டிடங்களின் அதிர்வெண்ணிற்குச் சமமாக இருந்தால், பெரும வீச்சுடன் கட்டிடங்கள் அலைவுற்று சிதைய நேரிடும்.

(ii) கண்ணாடிக் குவளை ஒன்றின் அதிர்வெண்ணிற்குச் சமமான அதிர்வெண்ணில் பாடுபவர் (singer) பாடினால் ஒத்திர்வு ஏற்பட்டு குவளை உடைய நேரிடும்.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

6.1 $\pi/3$ தொடக்கக் கட்டமும் 25 Hz அதிர்வெண்ணும் 0.05 m வீச்சும் உடைய தனிச்சீரிசை இயக்கத் துகளின் சமன்பாட்டினைப் பெறுக.

தகவல் : வீச்சு $a = 0.05\ m$, அதிர்வெண் $n = 25\ Hz$, தொடக்கக்கட்டம் $\phi_o = \pi/3$.

தீர்வு : $\omega = 2\pi n = 2\pi \times 25 = 50\pi$

தனிச் சீரிசை இயக்கக் சமன்பாடு $y = a \sin (\omega t + \phi_o)$

தனிச் சீரிசை இயக்க இடப்பெயர்ச்சி சமன்பாடு $y = 0.05 \sin (50\pi t + \pi/3)$

6.2 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் சமன்பாடு

$y = 5 \sin \left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ எனில் **(i)** வீச்சு **(ii)** அலைவுக் காலம் **(iii)** பெருமத் திசைவேகம் **(iv)** 1 நொடிக்குப் பிறகு திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. (y என்பது மீட்டரில் உள்ளது)

தகவல் : $y = 5 \sin \left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$

தீர்வு : தனிச் சீரிசை இயக்கச் சமன்பாடு $y = a \sin (\omega t + \phi_o)$. சமன்பாடுகளை ஒப்பிட

(i) வீச்சு $a = 5\ m$

(ii) அலைவு காலம், $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\pi} = 2\ s$

(iii) $v_{\text{பெருமம்}} = a\omega = 5 \times \pi = 15.7\ m\ s^{-1}$

(iv) 1 நொடிக்குப் பிறகு திசைவேகம் $= a\omega \cos (\omega t + \phi_o)$

$$= 15.7 \left[\cos\left(\pi \times 1 + \frac{\pi}{3}\right)\right]$$

$$v = 15.7 \times \frac{1}{2} = 7.85\ m\ s^{-1}$$

$$\therefore v = 7.85\ m\ s^{-1}$$

6.3 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் அலைவுக் காலம் T. வீச்சில் பாதியை இடப்பெயர்ச்சியாக அடைய துகள் எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் என்ன?

தீர்வு : தனிச் சீரிசை இயக்கத்தின் இடப்பெயர்ச்சி சமன்பாடு $y = a \sin \omega t$

இடப்பெயர்ச்சியின் வீச்சு $y = \frac{a}{2}$, எனில் $\frac{a}{2} = a \sin \omega t$

அல்லது $\sin \omega t = \frac{1}{2}$; $\omega t = \frac{\pi}{6}$

$$\therefore \quad t = \frac{\pi}{6\omega} = \frac{\pi}{6 \cdot \frac{2\pi}{T}}$$

எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் $t = \frac{T}{12}$ s

6.4 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகள் நடுநிலையிலிருந்து 2 cm மற்றும் 3 cm தொலைவுகளில் உள்ளபோது அதன் திசைவேகங்கள் முறையே 4 cm s^{-1} மற்றும் 3 cm s^{-1} எனில், வீச்சு மற்றும் அலைவுக் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $v_1 = 4\ cm\ s^{-1} = 4 \times 10^{-2}\ m\ s^{-1}$

$v_2 = 3\ cm\ s^{-1} = 3 \times 10^{-2}\ m\ s^{-1}$

$y_1 = 2\ cm = 2 \times 10^{-2}\ m\ ;\ y_2 = 3\ cm = 3 \times 10^{-2}\ m$

தீர்வு : $v_1 = \omega \sqrt{a^2 - y_1^2}$ ... (1)

$v_2 = \omega \sqrt{a^2 - y_2^2}$ ... (2)

சமன்பாட்டினை இருமடியாக்கி, வகுக்க

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \frac{a^2 - y_1^2}{a^2 - y_2^2}$$

$$\left(\frac{4\times10^{-2}}{3\times10^{-2}}\right)^2 = \frac{a^2 - 4\times10^{-4}}{a^2 - 9\times10^{-4}}$$

$9a^2 - 36 \times 10^{-4} = 16a^2 - 144 \times 10^{-4}$ (அல்லது) $7a^2 = 108 \times 10^{-4}$

$$\therefore a = \sqrt{15.42} \times 10^{-2} = 0.03928\ m$$

எனவே a^2-ன் மதிப்பினை சமன்பாடு (1) பிரதியிட

$$4 \times 10^{-2} = \omega \sqrt{\frac{108\times10^{-4}}{7} - 4\times10^{-4}}$$

$$\therefore \quad \omega = \sqrt{\frac{7}{5}}\ rad\ s^{-1}$$

$$\therefore \text{ அலைவு நேரம் } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{5}{7}}$$

$$T = 5.31\ s$$

6.5 10 kg நிறையும் 15 cm ஆரமும் உடைய வட்டத் தட்டு அதன் மையத்தில் இணைக்கப்பட்ட கம்பியின் மூலம் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. வட்டத் தட்டு சுழற்றப்பட்டு விடுவிக்கப்படுகிறது. முறுக்கு அலைவின் அலைவுக் காலம் 1.5 s எனக் கணக்கிடப்படுகிறது. முறுக்கு மாறிலியைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : *$m = 10\ kg$, $T = 1.5\ s$, $r = 15\ cm = 15 \times 10^{-2}\ m$, $c = ?$*

தீர்வு : வட்டத் தகட்டின் மையத்தின் வழியே அச்சைப் பற்றிய

நிலைமத் திருப்பு திறன் $I = \frac{1}{2} MR^2$

கோணச் சீரிசை இயக்கத்தின் அலைவுக் காலம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$

சமன்பாட்டை இருமடியாக்க, $T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{C}$

$$\therefore C = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

$$C = \frac{4\pi^2 \times \frac{1}{2} MR^2}{T^2} = \frac{2 \times (3.14)^2 \times 10 \times 0.15^2}{(1.5)^2}$$

$$C = 2.0\ N\ m\ rad^{-1}$$

6.6 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் 2 kg நிறையுடைய பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி $y = 3 \sin\left(100\,t + \frac{\pi}{4}\right)$ cm. பொருளின் பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $a = 3\ cm = 3 \times 10^{-2}\ m$, $\omega = 100\ rad\ s^{-1}$, $m = 2\ kg$

தீர்வு : $y = 3 \sin\left(100\,t + \frac{\pi}{4}\right)$

தனிச் சீரிசை இயக்கச் சமன்பாட்டுடன் ஒப்பிட $y = a \sin(\omega t + \phi_o)$

பெரும இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\ ma^2\ \omega^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (0.03^2 \times 100^2)$

பெரும இயக்க ஆற்றல் = 9 J

6.7 சுருள்வில்லின் மீள்விசையினால் 15 kg நிறையுடைய பொருளொன்று தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. இயக்கத்தின் வீச்சு 0.1m மற்றும் அலைவுக் காலம் 3.14 s எனில், சுருள்வில் பொருளின் மீது ஏற்படுத்தும் பெரும விசையைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : m = 15 kg, a = 0.1 m, T = 3.14 s

தீர்வு : பொருள் முழு விலக்க நிலையில் உள்ளபோது அவற்றின் மீது செயல்படும் பெரும விசை $k\,a$ ஆகும். இதில் k என்பது சுருள் மாறிலி.

கோண அதிர்வெண் $= \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\ s^{-1}$

சுருள் மாறிலி $k = m\,\omega^2 = 15 \times 4 = 60\ N\ m^{-1}$

பொருளின் மீது செயல்படும் பெரும விசை $ka = 60 \times 0.1 = 6\ N$

6.8 65 N m^{-1} சுருள்மாறிலி உடைய கிடைத்தளத்தில் இருக்கும் சுருள்வில்லில் 680 *g* நிறையுடைய பொருள் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நடுநிலையிலிருந்து பொருள் 11 cm தொலைவிற்கு இழுத்து விடப்படுகிறது. அமைப்பின் **(i)** கோண அதிர்வெண், அலைவுக் காலம் **(ii)** இடப்பெயர்ச்சி **(iii)** பெரும வேகம் மற்றும் பெரும முடுக்கம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

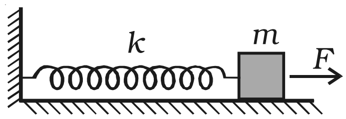
தகவல் : $m = 680\ g = 0.68\ kg$, $k = 65\ N\ m^{-1}$, $a = 11\ cm = 0.11\ m$

தீர்வு : கோண அதிர்வெண் $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{65}{0.68}} = 9.78\ rad\ s^{-1}$

அதிர்வெண் $n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{9.78}{2\pi} = 1.56\ Hz$

அலைவுக் காலம் $T = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.56}$

$= 0.64\ s$



பெரும வேகம் = $a\,\omega = 0.11 \times 9.78 = 1.075\ m\ s^{-1}$

பொருளின் முடுக்கம் = $a\,\omega^2 = a\omega \times \omega$

$= 1.075 \times (9.78) = 10.52\ m\ s^{-2}$

இடப்பெயர்ச்சி $y(t) = a \sin \omega t$

$\therefore\ y(t) = 0.11 \sin 9.78\,t$ metre

6.9 60 cm நீளமும் $4 \times 10^3\ N\ m^{-1}$ விசை மாறிலியும் உடைய சுருள்வில்லில் 10 kg நிறை தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. அதனை செங்குத்து அலைவுகளுக்கு உட்படுத்தினால், (i) அதிர்வெண் (ii) நீட்டப்பட்ட சுருள்வில் கம்பியின் நீளம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $k = 4 \times 10^3\ N\ m^{-1}$, $F = 10 \times 9.8\ N$

$l = 60 \times 10^{-2}\ m$, $m = 10\ kg$

தீர்வு : (i) $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{4 \times 10^3}{10}} = \frac{20}{2\pi}$

அதிர்வெண் $= 3.184\ Hz$

(ii) $T = 2\pi\sqrt{\frac{dl}{g}}$ (அல்லது) $T^2 = 4\pi^2 \frac{dl}{g}$

நீளம் $(dl) = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{1}{n^2} \times \frac{g}{4\pi^2}$

$\therefore\ dl = \frac{9.8}{(3.184)^2 \times 4 \times (3.14)^2} = 0.0245\ m$

$\therefore$ நீட்டப்பட்ட சுருளின் நீளம் = 0.6 + 0.0245 = 0.6245 m

6.10 சுருள்வில் ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்ட m நிறையானது 4 நொடிக்கு ஒரு முறை அலைவுறுகிறது. நிறையை 4 kg அதிகரித்தால் அலைவுகாலம் 1 நொடி கூடுகிறது. பொருளின் தொடக்க நிறையைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : *m* நிறையானது *4s* அலைவு காலத்தில் அலைவுறுகிறது.

நிறையை 4 kg அதிகரித்தால் அலைவு காலம் *5s* ஆகிறது.

தீர்வு : அலைவு காலம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$$4 = 2\pi\sqrt{m/k} \qquad \ldots (1)$$

$$5 = 2\pi\sqrt{\frac{m+4}{k}} \qquad \ldots (2)$$

இவ்விரு சமன்பாட்டினை இருமடியாக்கி வகுக்க $\frac{25}{16} = \frac{m+4}{m}$

$25\,m = 16\,m + 64$ அல்லது $9m = 64$

$$\therefore\ m = \frac{64}{9} = 7.1\ kg$$

6.11 நிலவுப் பரப்பின் மீது ஈர்ப்பின் முடுக்கம் 1.7 m s^{-2}. தனி ஊசல் ஒன்றின் அலைவுக் காலம் புவியில் 3.5 s எனில், நிலவுப் பரப்பில் அதன் அலைவுக் காலம் என்ன?

தகவல் : நிலவில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் = 1.7 m s^{-2}

புவியில் ஈர்ப்பின் முடுக்கம் = 9.8 ms^{-2}, புவியில் அலைவுக் காலம் = 3.5 s

தீர்வு : $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

நிலவின் பரப்பில் அலைவுக் காலம் T_m என்க.

$$T_m = 2\pi\sqrt{\frac{l}{1.7}} \qquad \ldots (1)$$

புவிக்கு, $3.5 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{9.8}}$ ... (2)

சமன்பாடு (2)ஐ (1)ஆல் வகுத்து இருமடியாக்க, $\left(\frac{3.5}{T_m}\right)^2 = \frac{1.7}{9.8}$

$T_m{}^2 \times 1.7 = (3.5)^2 \times 9.8$ (அல்லது) $T_m{}^2 = \frac{3.5^2 \times 9.8}{1.7} = \frac{12.25 \times 9.8}{1.7}$

$$\therefore\ T_m = \sqrt{\frac{120.05}{1.7}} = 8.40\ s$$

6.12 தனி ஊசல் ஒன்றின் அலைவுக் காலம் 4.2 s. ஊசலின் நீளத்தில் 1m குறைக்கப்படும்போது அலைவுக் காலம் 3.7 s ஆகிறது. ஈர்ப்பின் முடுக்கம் மற்றும் ஊசலின் தொடக்க நீளம் ஆகியவற்றைக் காண்க.

தகவல் : T = 4.2 நொடி, நீளம் 1 m ஆகக் குறைக்கப்பட்டால் அலைவுக் காலம் 3.7 s

தீர்வு : $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

இச்சமன்பாட்டை இருமடியாக்கி, சரி செய்ய, $g = 4\pi^2\ \frac{l}{T^2}$

$$g = 4\pi^2\ \frac{l}{(4.2)^2} \qquad \ldots(1)$$

நீளம் 1 m ஆக குறையும் போது, $g = \frac{4\pi^2(l-1)}{(3.7)^2}$ ... (2)

இவ்விரு சமன்பாட்டையும் சமன்செய்ய $\frac{l}{(4.2)^2} = \frac{l-1}{(3.7)^2}$

$$(7.9 \times 0.5)\ l = 17.64$$

$$l = \frac{17.64}{7.9 \times 0.5} = 4.46\ m$$

சமன்பாடு (1)ல் பிரதியிட $g = 4\pi^2\ \frac{4.46}{(4.2)^2} = \frac{175.89}{17.64}$

$$g = 9.97\ m\ s^{-2}$$

தன் மதிப்பீடு

(இந்தத் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பொருளிலிருந்து எந்தவொரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக்கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்.)

6.1 தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கான இன்றியமையாத நிபந்தனை எது?

(a) மாறாத அலைவுக் காலம்

(b) மாறாத முடுக்கம்

(c) இடப்பெயர்ச்சியும் முடுக்கமும் நேர்த்தகவு

(d) இடப்பெயர்ச்சியும் திருப்புவிசையும் நேர்த்தகவு

6.2 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சி, $x = 0.01 \sin (100 \pi t + 0.05)$. அலைவுக் காலம்

(a) 0.01 s | (b) 0.02 s

(c) 0.1 s | (d) 0.2 s

6.3 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சி $y = 0.05 \sin (100\, t + \frac{\pi}{2})$ cm. துகளின் பெருமத் திசைவேகம்

(a) $0.5\ cm\ s^{-1}$ | (b) $0.05\ m\ s^{-1}$

(c) $100\ m\ s^{-1}$ | (d) $50\ m\ s^{-1}$

6.4 இடப்பெயர்ச்சியின் எண்மதிப்பு முடுக்கத்திற்கு சமமானால், அலைவுக் காலம்

(a) 1 s | (b) π s

(c) 2π s | (d) 4π s

6.5 2 g நிறையுள்ள பொருளொன்று 10 cm வீச்சுடன் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. பெருமத் திசைவேகம் $100\ cm\ s^{-1}$ எனில், $50\ cm\ s^{-1}$ திசைவேகம் இருக்கக்கூடிய தொலைவு (சென்டி மீட்டரில்)

(a) $5\sqrt{2}$ | (b) $50\sqrt{3}$

(c) $5\sqrt{3}$ | (d) $10\sqrt{3}$

6.6 *நேர்ப்போக்குச் சீரியல் இயக்க அலை இயற்றி ஒன்றின் மொத்த ஆற்றல் 160 J எனில்*

(a) பெரும நிலையாற்றல் 100 J

(b) பெரும இயக்க ஆற்றல் 160 J

(c) சிறும நிலையாற்றல் 100 J

(d) பெரும இயக்க ஆற்றல் 100 J

6.7 செங்குத்தாக உள்ள சுருள்வில் ஒன்றை 6.4 N விசையானது 0.1 m நீட்சியடையச் செய்கிறது. $\frac{\pi}{4}$ *s* அலைவுக் காலத்துடன் அது அலைவுற, தொங்கவிடப்பட வேண்டிய நிறை,

(a) $\frac{\pi}{4}$ *kg* (b) *1 kg*

(c) $\frac{1}{4}$ *kg* (d) *10 kg*

6.8 $g = 9.8\ m\ s^{-2}$ இருக்கும் இடத்தில் நொடி ஊசலின் நீளம்

(a) *0.25 m* (b) *1 m*

(c) *0.99 m* (d) *0.50 m*

6.9 துகள் ஒன்று 4 cm வீச்சுடன் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. மையப் புள்ளியிலிருந்து பாதி நிலை ஆற்றலாகவும் பாதி இயக்க ஆற்றலாகவும் உள்ள இடப்பெயர்ச்சி எது?

(a) $2\sqrt{2}$ *cm* (b) $\sqrt{2}$ *cm*

(c) *2 cm* (d) *1 cm*

6.10 துகள் ஒன்று a வீச்சுடன் நேர்க்கோட்டில் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. நிலை ஆற்றல் பெருமமாக இருக்கும் இடப்பெயர்ச்சி.

(a) $\pm a$ (b) சுழி

(c) $+\frac{a}{2}$ (d) $\frac{a}{\sqrt{2}}$

6.11 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை வரையறுத்து, இயக்கத்திற்கான நிபந்தனைகளைக் கூறுக.

6.12 சீரிசை இயக்கங்கள் அனைத்தும் அலைவுறு இயக்கங்களாகும். அலைவுறு இயக்கங்கள் அனைத்தும் சீரிசை இயக்கங்கள் ஆகாது. ஏன்? எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்குக.

6.13 சீரான வட்ட இயக்கத்தின் விட்டத்தின் மீதான வீழ்ச்சி தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படுவதை மெய்ப்பிக்கவும்.

6.14 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் **(i)** இடப்பெயர்ச்சி **(ii)** திசைவேகம் மற்றும் **(iii)** முடுக்கத்தினை கூறு முறையில் விளக்குக.

6.15 தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின், இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம், முடுக்கம் ஆகியவை காலத்தைச் சார்ந்து மாறுபடுவதை வரைபடத்தில் காட்டுக.

6.16 அதிர்வடையும் துகளின் **(i)** திசைவேகத்திற்கும் முடுக்கத்திற்கும் **(ii)** முடுக்கத்திற்கும், இடப்பெயர்ச்சிக்கும் இடையிலான கட்ட வேறுபாடு என்ன?

6.17 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் வகைக்கெழு சமன்பாட்டினை வருவி.

6.18 வரையறு : **(i)** அலைவுக் காலம் **(ii)** அதிர்வெண் **(iii)** கோண அதிர்வெண்

6.19 விசை மாறிலியை வரையறு. அதன் அலகு மற்றும் பரிமாண வாய்ப்பாடு யாது?

6.20 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தின் கட்டம் என்பது என்ன? கட்ட வேறுபாடு என்பதை விளக்குக.

6.21 கோணச் சீரியல் இயக்கத்திற்கு உட்படும் பொருளின் அலைவுக் காலத்திற்கான கோவையை வருவி.

6.22 தொடக்கக் கட்டம் என்றால் என்ன? அதன் அலகு என்ன?

6.23 கிடைத்தளச் சுருள்வில்லில் இணைக்கப்பட்ட நிறையின் அலைவுகளை விளக்குக. மேலும் அலைவுக் காலத்திற்கான கோவையை வருவி.

6.24 பளு ஏற்றப்பட்ட சுருள்வில்லின் செங்குத்து அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணிற்கான கோவையைப் பெறுக.

6.25 நேர்ப்போக்கு மற்றும் கோணச் சீரியல் அலையியற்றிகளை வேறுபடுத்துக.

6.26 சுருள் காரணி என்றால் என்ன?

6.27 தனி ஊசலின் அலைவுகள் தனிச்சீரிசை இயக்கம் எனக் காட்டுக. மேலும் அலைவுக் காலத்திற்கான கோவையை வருவி.

6.28 உள்ளீடற்ற கோள வடிவ ஊசல் குண்டில் நீர் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. ஊசல் குண்டு அலைவுறும்போது, நீர் வெளியேறினால் அலைவுக் காலம் எவ்வாறு மாறும்?

6.29 அலைவுறும் தனி ஊசல் சிறிது நேரத்தில் நின்றுவிடக் காரணம் என்ன?

6.30 தனி ஊசல் ஒன்றின் நீளம் இருமடங்காக்கப்பட்டால் அலைவுக் காலம் என்னவாகும்?

6.31 தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் துகளின் மொத்த ஆற்றலுக்கான கோவையை வருவி.

6.32 பொருளொன்றின் இயல் அதிர்வெண் எக்காரணிகளைச் சார்ந்தது?

6.33 திணிப்பு அதிர்வு என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு தருக.

6.34 தனி ஊசலை சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படுத்தும் விசைகள் யாவை?

6.35 ஒத்ததிர்வு நிகழ்வு, அழிவை ஏற்படுத்துவதற்கு ஒரு எடுத்துக்காட்டு தருக.

6.36 இரு சுருள்வில்கள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டால் தொகுபயன் சுருள்மாறிலி என்ன?

6.37 இரு சுருள்வில்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டால் தொகுபயன் சுருள்மாறிலி என்ன?

கணக்குகள்

6.38 சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின் அதிர்வெண் 50 Hz, வீச்சு 0.5 m மற்றும் தொடக்கக் கட்டம் $\frac{\pi}{2}$. சீரிசை இயக்கச் சமன்பாட்டினை எழுதுக. $t = 0$ என்றபோது இடப்பெயர்ச்சியைக் கணக்கிடுக.

6.39 $y = 0.25 \sin (3014\, t + 0.35)$, என்பது சீரிசை இயக்கச் சமன்பாடு ஆகும். இதில் y-யானது mm -லும் t-யானது s-லும் அளக்கப்படுகிறது. *(i)* வீச்சு, *(ii)* அதிர்வெண், *(iii)* கோண அதிர்வெண் *(iv)* அலைவுக் காலம் *(v)* தொடக்கக் கட்டம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

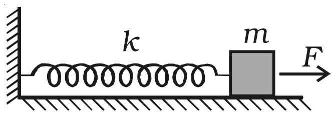
6.40 சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும் துகளின் இயக்கம் $y = 2 \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \phi_o\right)$ என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. $t = 0$ என்ற போது இடப்பெயர்ச்சி $\sqrt{3}\ cm.$ தொடக்கக் கட்டம் என்ன?

6.41 துகளொன்று 5 m வீச்சுடனும் π *rad* s^{-1} கோண அதிர்வெண்ணுடனும் தனிச்சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. *(i)* அலைவுக் காலம் *(ii)* பெருமத் திசைவேகம் *(iii)* பெரும முடுக்கம் *(iv)* *3m* இடப்பெயர்ச்சி உள்ளபோது திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

6.42 பொருளொன்று 10 cm வீச்சுடனும் 2s அலைவுக் காலத்துடனும் சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. சுழி மற்றும் 6 cm இடப்பெயர்ச்சி உள்ள போது திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கத்தைக் கணக்கிடுக.

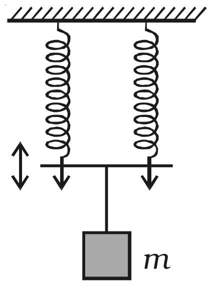
6.43 கம்பி ஒன்றில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள வட்டத்தட்டு கோணச் சீரிசை அலைவுகளை ஏற்படுத்துகிறது. நடு நிலையிலிருந்து 30^o இடம் பெயர்ந்தால் 4.6 N m மீள் திருப்பு விசை ஏற்படுகிறது. தட்டின் நிலைமத் திருப்புத்திறன் 0.082 kg m^2 எனில், அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக.

6.44 *1200 N* m^{-1} விசை மாறிலி உடைய சுருள்வில் ஒன்று படத்தில் காட்டியவாறு கிடைத்தளமாக மேசையின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் ஒரு முனையில் 3 kg நிறை இணைக்கப்பட்டு 2 cm தொலைவிற்கு ஒருபுறமாக இழுக்கப்பட்டு விடுவிக்கப்படுகிறது. (i) அலைவுகளின் அதிர்வெண் (ii) பெருமத் திசைவேகம் மற்றும் (iii) பெரும முடுக்கத்தினைக் கணக்கிடுக.

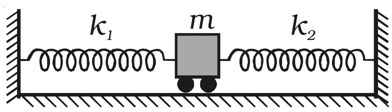


6.45 சுருள்வில் ஒன்றின் ஒரு முனையில் 0.2 kg நிறை இணைக்கப்பட்டால் 15 mm நீட்சி ஏற்படுகிறது. நிறை 10 mm தொலைவு கீழே இழுத்து விடுவிக்கப்பட்டால் 10 mm வீச்சுடன் செங்குத்து அலைவுகள் ஏற்படுகின்றன. (i) அலைவுக் காலம் மற்றும் (ii) பெரும இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

6.46 *250 N* m^{-1} சுருள் மாறிலியுடைய ஒத்த சுருள்வில்கள் இரண்டு மைய அமைப்பில் படத்தில் காட்டியது போன்று *5 kg* நிறை தொங்க விடப்பட்டுள்ளது. அமைப்பின் அலைவுக் காலம் என்ன?



6.47 *400 N* m^{-1} சுருள் மாறிலி உடைய ஒத்த சுருள்வில்கள் இரண்டிற்கிடையில் *2 kg* நிறையுடைய டிராலி (trolley) இணைக்கப்பட் டுள்ளது. டிராலி நடுநிலைப் புள்ளியிலிருந்து 3 cm



தொலைவிற்கு இழுத்து விடுவிக்கப் படுகிறது. *(i)* அலைவுக் காலம் *(ii)* பெருமத் திசைவேகம் *(iii)* பெரும இயக்க ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

6.48 சீரான குறுக்குப் பரப்புடைய, செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள U-வடிவக் குழாயில் 0.3 m உயரத்திற்கு நீர் உள்ளது. நீர் மட்டம் சீரிசை இயக்கத்திற்கு உட்படும்போது அலைவுக் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

6.49 4 cm வீச்சு மற்றும் 1 s அலைவு காலத்துடன் தனி ஊசல் ஒன்று அலைவுறுகிறது. (i) ஊசலின் நீளம் (ii) நடுநிலையில் திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

6.50 தனி ஊசல் ஒன்று, 100 அலைவுகளை ஒரு இடத்தில் 8 நிமிடம் 2 நொடிகளிலும், வேறொரு இடத்தில் 8 நிமிடம் 20 நொடிகளிலும் ஏற்படுத்துகிறது. இரு இடங்களிலும் ஈர்ப்பின் முடுக்கத்தை ஒப்பிடுக.

6.51 0.2 kg நிறையுள்ள துகளொன்று 2 cm வீச்சுடனும் 6 s அலைவுக் காலத்துடனும் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. துகளின் (i) மொத்த ஆற்றல் மற்றும் (ii) நடு நிலைப் புள்ளியிலிருந்து 1 cm இடப்பெயர்ச்சியில் இயக்க மற்றும் நிலை ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

6.52 நொடி ஊசல் ஒன்றின் நீளம் 2% அதிகரிக்கப்பட்டால், நாள் ஒன்றில் அது எத்தனை நொடிகளை இழக்கும் அல்லது ஏற்கும்?

விடைகள்

6.1	*(c)*	***6.2***	*(b)*	***6.3***	*(b)*	***6.4***	*(c)*
6.5	*(c)*	***6.6***	*(b)*	***6.7***	*(b)*	***6.8***	*(c)*
6.9	*(a)*	***6.10***	*(a)*				

6.38 $0.5\ m$

6.39 $0.25 \times 10^{-3}\ m$, 480 Hz, $3014\ rad\ s^{-1}$ 0.0021 s, 0.35 rad.

6.40 60^o

6.41 2 s, $15.7\ m\ s^{-1}$, $49.3\ m\ s^{-2}$, $12.56\ m\ s^{-1}$.

6.42 $0.314\ m\ s^{-1}$, சுழி ; $0.2512\ m\ s^{-1}$, $0.5915\ m\ s^{-2}$

6.43 1.64 Hz

6.44 3.2 Hz, $0.40\ m\ s^{-1}$, $8.07\ m\ s^{-2}$

6.45 0.25 s, $6.533 \times 10^{-3}\ J$

6.46 0.628 s

6.47 0.314 s, $0.6\ m\ s^{-1}$, 0.36 J

6.48 1.0098 s

6.49 0.25 m, $0.2512\ m\ s^{-1}$

6.50 1.076

6.51 $4.386 \times 10^{-5}\ J$, $3.286 \times 10^{-5}\ J$, $1.1 \times 10^{-5}\ J$

6.52 கால இழப்பு 864 s

7. அலை இயக்கம்

அலை இயக்கம் என்பது ஊடகத்தின் வழியே ஆற்றல் பரவுதலின் ஒரு முறையாகும். ஊடகத்தில் உள்ள துகள்கள், அவற்றின் சமநிலைப் புள்ளிகளைப் பொருத்து சீரலைவு இயக்கத்திற்கு உட்படுவதால், ஒரு துகளிலிருந்து மற்றொரு துகளுக்கு, ஆற்றல் மாற்றப்படுகிறது.

இயந்திரவியல் அலைகள், மின்காந்த அலைகள் மற்றும் பருப்பொருள் அலைகள் என அலைகள் மூவகைப்படும். மீட்சிப்பண்பும் நிலைமப்பண்பும் உடைய ஊடகங்களில் மட்டுமே இயந்திரவியல் அலைகள் உருவாக முடியும். நீர்ப் பரப்பில் ஏற்படும் அலைகள், ஒலி அலைகள் மற்றும் நிலநடுக்க அலைகள் போன்றவை இயந்திரவியல் அலைகளாகும். ஊடகத்தின் தேவையின்றிப் பரவுவது மின்காந்த அலைகளாகும். ரேடியோ அலைகள், மைக்ரோ அலைகள், அகச்சிவப்புக் கதிர்கள், கட்புலனாகும் ஒளி, புறஊதாக் கதிர்கள், X–கதிர்கள் மற்றும் காமாக் கதிர்கள் மின்காந்த அலைகளாகும். எலக்ட்ரான் மற்றும் புரோட்டான் போன்ற அடிப்படைத் துகள்கள் இயக்கத்திலுள்ளபோது தொடர்புடைய அலைகள் பருப்பொருள் அலைகளாகும்.

நீர்ப் பரப்பின் மீது ஏற்படும் அலைகள்

அலை இயக்கம் பற்றிய கருத்தைப் புரிந்துகொள்ள, நீர்ப் பரப்பில் சிறு கல் ஒன்றை விழச் செய்வோம். நீரின் பரப்பில் கல் விழுந்த புள்ளியிலிருந்து வட்ட வடிவ அலைகள், அனைத்துத் திசைகளிலும் பரவுவதைப் பார்க்கலாம். ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் உள்ள நீர் நகருவது போன்று நமக்குத் தோன்றும். மிதக்கும் பொருளொன்று (காகிதம்) நீரின் பரப்பில் வைக்கப்பட்டால், அது மேலும் கீழும் அலைவுறும். ஆனால், அலைகள் அதன் வழியாகச் செல்லும். நீர்த்துகள்கள், அவற்றின் மையப்புள்ளிகளைப் பொருத்து அதிர்வுறுவதால் அலைகள் உருவாகின்றன என அறிய முடிகிறது.

ஊடகத்தின் துகள்கள், அவற்றின் மையப்புள்ளிகளைப் பொருத்து சீரலைவு இயக்கத்திற்கு உட்படுவதால், ஊடகத்தில் ஏற்படும் ஒரு வகை மாறுபாடு அலையியக்கம் எனப்படும். இயக்கமானது தொடர்ந்து ஒரு துகளிலிருந்து அடுத்துள்ள துகளுக்கு மாற்றப்படும்.

7.1 அலை இயக்கத்தின் பண்புகள்

(i) ஊடகத்தில், ஊடகத்துகள்களின் சீரலைவு இயக்கம் காரணமாக ஏற்பட்டு செல்லக்கூடிய ஒரு வகை மாறுபாடு அலை இயக்கம் ஆகும்.

(ii) ஊடகம், மீட்சிப் பண்பையும் நிலைமப் பண்பையும் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

(iii) ஊடகத் துகள்கள் அனைத்தும் ஒரே நேரத்தில் மாறுபாட்டை (**disturbance**) ஏற்பதில்லை. ஒவ்வொரு துகளும் அதற்கு முன் உள்ள துகளைவிட சிறிது நேரம் கழித்து அதிர்வடையத் தொடங்கும்.

(iv) அலையின் திசைவேகம் துகளின் திசைவேகத்திலிருந்து மாறுபட்டதாகும். ஊடகம் ஒன்றில் அலையின் திசைவேகம் மாறிலியாகும். ஆனால், துகளின் திசைவேகம் மையப்புள்ளியில் பெருமமமாகவும் அதிர்வின் பெருமப் புள்ளியில் சுழியாகவும் மாறிக் கொண்டே இருக்கும்.

(v) அலை இயக்கம் பரவும் போது, ஊடகத்தில் துகள்கள் மாற்றப்படாமல், ஒரு துகளிலிருந்து மற்றொரு துகளுக்கு ஆற்றல் மட்டுமே மாற்றப்படும்.

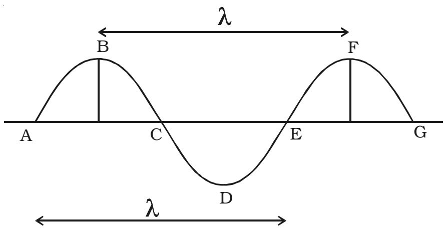
(vi) எதிரொலித்தல், விலகல், விளிம்பு விளைவு மற்றும் குறுக்கீட்டு விளைவு போன்ற பண்புகளுக்கு அலைகள் உட்படுகின்றன.

7.1.1 இயந்திரவியல் அலை இயக்கம்

குறுக்கலை இயக்கம் மற்றும் நெட்டலை இயக்கம் என இயந்திரவியல் அலை இயக்கம் இரு வகைப்படும்.

(i) குறுக்கலை இயக்கம்

அலை பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக, ஊடகத் துகள்கள், அவற்றின் மையப்புள்ளிகளைப் பொருத்து தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளுமானால் அவ்வகை அலை இயக்கம் குறுக்கலை இயக்கம் எனப்படும். வீணை, சிதார், வயலின் போன்ற இசைக்கருவிகளில் கம்பிகளில் ஏற்படும் அலைகள் மற்றும் மின் காந்த அலைகள் போன்றவை குறுக்கலை இயக்கத்திற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். முகடு மற்றும் அகடு என்று மாறிமாறி குறுக்கலைகள் பரவுகின்றன. நேர்க்குறித் திசையில் துகளின் பெரும இடப்பெயர்ச்சி முகடு என்றும் எதிர்க்குறித் திசையில் துகளின் பெரும இடப்பெயர்ச்சி அகடு என்றும் கூறப்படும். முகடு என்பது அதிர்வின் மையப் புள்ளிக்கு மேலேயும் அகடு என்பது அதிர்வின் மையப்புள்ளிக்குக் கீழேயும் இருப்பனவாகும்.



படம் 7.1 குறுக்கலை

ABCDEFG என்பது குறுக்கலை எனில், B மற்றும் F புள்ளிகள் முகடுகள் மற்றும் புள்ளி D அகடு ஆகும் (படம் 7.1).

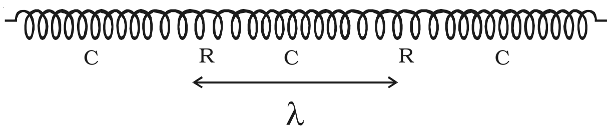
குறுக்கலைகள் பரவுவதற்கு, ஊடகமானது ஒட்டுதல் பண்பு மற்றும் பரும மீட்சிப் பண்பினைப் பெற்றிருத்தல் வேண்டும். வாயுக்களிலும் திரவங்களிலும் ஒட்டுதல் பண்பு இல்லையாதலால், அவற்றின் வழியே குறுக்கலைகள் பரவ இயலாது. திடப் பொருள்கள் மற்றும் திரவங்களின் மேற்பரப்பில் மட்டுமே குறுக்கலைகள் பரவ முடியும்.

(ii) நெட்டலை இயக்கம்

அலை பரவும் திசையிலேயே, ஊடகத் துகள்கள், அவற்றின் மையப்புள்ளிகளைப் பொருத்து தனிச் சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளுமானால் அவ்வகை அலை இயக்கம் நெட்டலை இயக்கம் எனப்படும்.

பாய்மங்களில் (திரவங்கள் மற்றும் வாயுக்கள்) பரவும் ஒலி அலைகள் நெட்டலைகளாகும். ஊடகம் ஒன்றின் வழியே நெட்டலைகள் பரவும் போது இறுக்கங்களும் தளர்ச்சிகளும் உருவாகின்றன.

சுருள்வில் ஒன்றின் ஒரு முனை சுவரில் உள்ள கொக்கியில் கட்டப்பட்டு மறுமுனையை முன்னும் பின்னுமாக அசைத்தால், சுருள்வில்லின் கம்பிச்சுருள்கள் அவற்றின் தொடக்க நிலையைப் பொருத்து அலைவுற்று, சுருள்வில்லின் வழியே நெட்டலைகள் பரவுகின்றன (படம் 7.2).



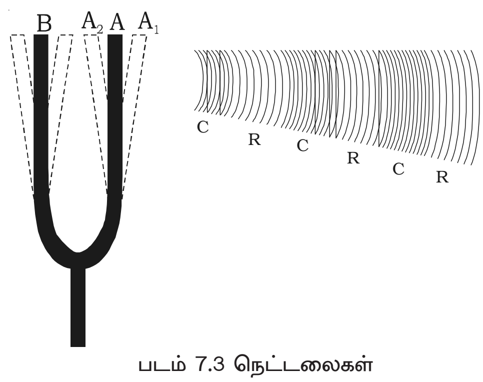
படம் 7.2 இறுக்கமும் தளர்ச்சியும்

கம்பிச் சுருள்கள் நெருக்கமாக உள்ள பகுதியை இறுக்க நிலை என்றும் சுருள்களுக்கிடையே அதிக இடைவெளி இருக்கும் பகுதியை தளர்ச்சி நிலை என்றும் கூறலாம்.

இசைக்கவை ஒன்றை இரப்பர் துண்டின் மீது அடிக்கும் போது, அதன் இரு புயங்களும் அவற்றின் சமநிலைப் புள்ளிகளைப் பொருத்து முன்னும் பின்னுமாக அதிர்வுறத் தொடங்குகின்றன. A என்ற புயம் வெளிநோக்கி A_1-க்கு நகரும் போது அதனருகில் உள்ள காற்றுப்பகுதி இறுக்கப்படுகிறது. இந்த இறுக்கப்பகுதி முன்னோக்கி நகரும்போது இதனை அடுத்துள்ள காற்றுப் பகுதி இறுக்கமடைந்து, இறுக்க அலையானது காற்றின் வழியே செல்கிறது. ஆனால், புயம் உள்நோக்கி A_2-க்கு நகரும்போது, வலதுபுறம் நகர்ந்த ஊடகத்துகள்கள், மீட்சிப்பண்பு காரணமாக தற்போது பின்னோக்கி இடதுபுறமாக நகருகின்றன. இதனால் தளர்ச்சி ஏற்படுகிறது.

ஆகவே, அடுத்தடுத்த ஏற்படக் கூடிய இறுக்கங்களும் தளர்ச்சிகளும் நெட்டலையின் சிறப்பியல்புகளாகும்.

திட, திரவ மற்றும் வாயு நிலை ஊடகங்கள் அனைத்திலும் நெட்டலைகள் பரவுகின்றன. இறுக்க நிலையில் உள்ள அடர்த்தியும் அழுத்தமும் தளர்ச்சி நிலையில் உள்ளதைவிட அதிகமாகும்.



படம் 7.3 நெட்டலைகள்

7.1.2 அலை இயக்கத்தில் பயன்படும் சில முக்கிய அளவுகள்

(i) அலைநீளம் (λ)

ஊடகத்தின் துகள் ஒன்று, ஒரு அதிர்வினை நிறைவு செய்யும் போது அலை கடந்து செல்லும் தொலைவு அலைநீளம் எனப்படும். அலையின் மீது ஒத்த கட்டத்தில் உள்ள, அடுத்தடுத்த இரு துகள்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு என்றும் அலைநீளத்தை வரையறை செய்யலாம்.

குறுக்கலைகளில், அடுத்தடுத்த இரு முகடுகள் அல்லது அகடுகளுக்கு இடைப்பட்டத் தொலைவு என்றும் நெட்டலைகளில், அடுத்தடுத்த இரு இறுக்கங்கள் அல்லது தளர்ச்சிகளுக்கு இடைப்பட்டத் தொலைவு என்றும் அலைநீளத்தை வரையறுக்கலாம்.

(ii) அலைவுக் காலம் (T)

அலைநீளத்திற்குச் சமமான தொலைவைக் கடக்க, அலை ஒன்று எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் அலைவுக் காலம் எனப்படும்.

(iii) அதிர்வெண் (n)

ஒரு நொடியில் உருவாக்கப்பட்ட அலைகளின் எண்ணிக்கை, அதிர்வெண் என வரையறுக்கப்படுகிறது. துகளானது ஒரு அதிர்வை நிறைவு செய்ய ஆகும் காலம் T எனில், ஒரு நொடியில் அது ஏற்படுத்தும் அலைகள் $\frac{1}{T}$ ஆகும்.

எனவே, அதிர்வெண் என்பது அலைவு காலத்தின் தலைகீழியாகும் $n = \frac{1}{T}$

அலையொன்றின் திசைவேகம், அதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளத்திற்கிடையே யான தொடர்பு

ஊடகம் ஒன்றில் ஒரு நொடியில் அலை கடக்கும் தொலைவு அந்த ஊடகத்தில் அலையின் திசைவேகமாகும். v என்பது பரவும் அலையின் திசைவேகம் எனில்,

$$\text{திசைவேகம்} = \frac{\text{கடந்த தொலைவு}}{\text{காலம்}}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = n\lambda \qquad \left[\because\ n = \frac{1}{T}\right]$$

அதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளத்தின் பெருக்கல் மதிப்பு, அலையின் திசைவேகமாகும்.

7.2 வெவ்வேறு ஊடகங்களில் அலையின் திசைவேகம்

இயந்திரவியல் அலையின் திசைவேகமானது ஊடகத்தின் மீட்சிப் பண்பு மற்றும் நிலைமப் பண்பினைச் சார்ந்தது.

7.2.1 இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியில் செல்லும் குறுக்கலையின் திசைவேகம்

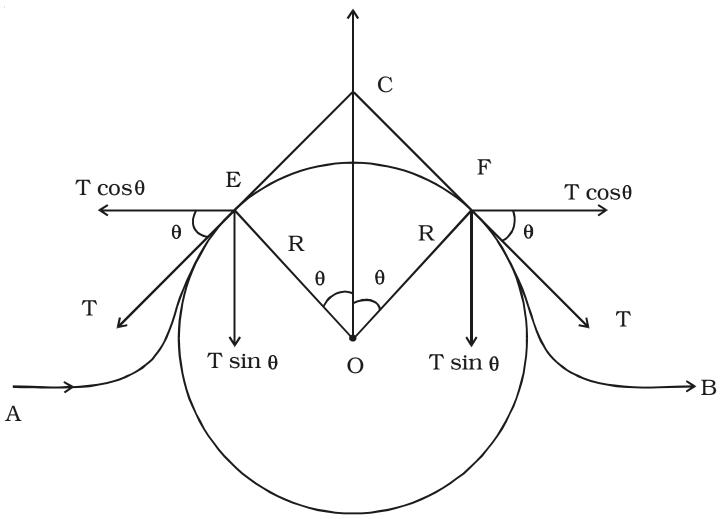
ஒரு முனை பொருத்தப்பட்டு மறுமுனையில் இழுவிசை செயல்படுத்தப்பட்ட கம்பி ஒன்றைக் கருதுக. கம்பியை ஒரு புள்ளியில் இழுத்துவிடும்போது, அது அதிர்வடைகிறது.

படம் 7.4-ல் காட்டியவாறு, அதிர்வுறும் கம்பியில் இடதுபுறத்திலிருந்து வலதுபுறமாக செல்லும் துடிப்பு (pulse) போன்ற குறுக்கலையைக் கருதுவோம். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் EF என்பது கம்பியின் இடம்பெயர்ந்த நிலையாகும். அது, R ஆரமும் O–வை மையமாகவும் கொண்ட வட்டவில் போன்று உள்ளது. EF என்ற வட்டவில் O–வில் 2θ கோணத்தை ஏற்படுத்துகிறது.

m என்பது கம்பியின் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை என்றும், dx என்பது EF என்ற வில்லின் நீளம் என்றும் கருதப்பட்டால் கம்பியின் EF பகுதியின் நிறை $m\ dx$ ஆகும்.

$$\therefore \text{ மையநோக்கு விசை } = \frac{m.dx.v^2}{R} \qquad ...(1)$$

இவ்விசையானது CO வழியாகச் செயல்படும். E மற்றும் F என்ற புள்ளிகளில் செயல்படும் இழுவிசைகளின் தொகுபயன் (T) காண, T–யை $T\cos\theta$ மற்றும் $T\sin\theta$ எனற இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம்.



படம் 7.4 கம்பியில் குறுக்கதிர்வு

CO–விற்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படும் $T \cos\theta$ கூறுகள் எண்மதிப்பில் சமமாகவும் எதிரெதிர்த் திசையில் செயல்படுவதாலும் ஒன்றையொன்று சமன் செய்கின்றன.

CO–விற்கு இணையாக $T \sin\theta$ கூறுகள் செயல்படுகின்றன. எனவே, E மற்றும் F–ல் செயல்படும் இழுவிசைகளின் தொகுபயன் $2T \sin\theta$ ஆகும். இது CO வழியாகச் செயல்படும். θ–வின் மதிப்பு சிறியதெனில் $\sin\theta = \theta$

$\therefore$ தொகுபயன் இழுவிசை $= 2\,T\,\theta$

$$= 2T.\frac{dx}{2R} \qquad \left(\because 2\theta = \frac{dx}{R}\right)$$

$$= T.\ \frac{dx}{R} \qquad \ldots (2)$$

வில் EF சமநிலையில் இருக்க,

$$\frac{m.dx\,v^2}{R} = \frac{T.dx}{R}$$

$$v^2 = \frac{T}{m}$$

அல்லது $v = \sqrt{\dfrac{T}{m}}$ ...(3)

7.2.2 மீட்சித்தன்மையுடைய ஊடகத்தில் நெட்டலைகளின் திசைவேகம்

E என்பது மீட்சிக் குணகம் மற்றும் ρ என்பது ஊடகத்தின் அடர்த்தி எனில், நெட்டலைகளின் திசைவேகம்,

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \qquad \ldots(1)$$

(i) திட நிலையில் உள்ள தண்டு ஒன்றின் யங் குணகம் q மற்றும் தண்டின் அடர்த்தி ρ எனில், தண்டில் நெட்டலையின் திசைவேகம்,

$$v = \sqrt{\frac{q}{\rho}} \qquad \ldots(2)$$

(ii) திரவத்தின் பரும மீட்சிக் குணகம் k மற்றும் திரவத்தின் அடர்த்தி ρ எனில், திரவங்களில் நெட்டலையின் திசைவேகம்.

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \qquad \ldots(3)$$

7.2.3 காற்றில் ஒலி அலைகளின் திசைவேகத்திற்கான நியூட்டனின் சமன்பாடு

சமவெப்பநிலை என்ற நிபந்தனை அடிப்படையில் காற்றில் ஒலி அலைகள் பரவுவதாக நியூட்டன் கருதினார். அதாவது, ஊடகத்தின் வெப்பநிலை மாறாமல் இருக்கும்.

அழுத்தம் மற்றும் பருமனில் ஏற்படும் மாற்றம், பாயிலின் (Boyle's) விதிக்கு உட்படுகிறது.

$\therefore$ PV = மாறிலி.

வகை செய்ய, $P \, . \, dV + V \, .dP = 0$

$$P. \, dV = -V \, dP$$

$$\therefore \quad P = \frac{-dP}{\left(\frac{dV}{V}\right)} = \frac{\text{அழுத்த மாற்றம்}}{\text{பருமத் திரிபு}}$$

$P = k$ (பரும மீட்சிக் குணகம்)

ஆகவே, சமவெப்பநிலை நிபந்தனை அடிப்படையில் $P = k$

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}} = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

இதில் P என்பது காற்றின் அழுத்தம் மற்றும் ρ என்பது காற்றின் அடர்த்தி ஆகும். மேற்காண் சமன்பாடு நியூட்டன் சமன்பாடு எனப்படும்.

NTP-யில், P = 76 cm பாதரச உயர அழுத்தம்

$$P = (0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8) \; N \, m^{-2}$$

$$\rho = 1.293 \text{ kg m}^{-3}.$$

$\therefore$ NTP-யில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்

$$v = \sqrt{\frac{0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8}{1.293}}$$

$$= 280 \text{ m s}^{-1}$$

காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் 332 m s^{-1} என சோதனை முறையில் கணக்கிடப்படுகிறது. ஆனால், நியூட்டன் சமன்பாட்டின்படி கணக்கிடப்பட்ட 280 m s^{-1} என்ற மதிப்பு சோதனை முறையில் கணக்கிடப்பட்டதை விட 15 % குறைவு. இக்குறைபாட்டினை நியூட்டனின் சமன்பாட்டின் மூலம் விளக்க முடியவில்லை.

7.2.4 லாப்லாஸின் திருத்தம் (**Laplace's correction**)

மேற்குறிப்பிட்ட கண்டறியப்பட்ட மதிப்பிற்கும் காணப்பட்ட மதிப்பிற்கும் இடையிலான குறைபாடினை 1816 ஆம் ஆண்டில் லாப்லாஸ் விளக்கினார். காற்றில் பரவும் ஒலி அலைகள் நெட்டலைகள் ஆகும். எனவே, அலையியக்கமானது இறுக்கங்களாகவும் தளர்ச்சிகளாகவும் பரவுகிறது. இறுக்கநிலைகளில் காற்றின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் மற்றும் தளர்ச்சி நிலைகளில், விரிவடைவதால் வெப்பநிலை குறையும்.

காற்று, வெப்பத்தின் அரிதிற் கடத்தியாகும். எனவே, இறுக்கநிலையில் ஏற்பட்ட வெப்ப உயர்வை கதிர்வீச்சு மூலமாகவோ கடத்தல் மூலமாகவோ, காற்று இழக்காது. சிறிய கால இடைவெளியில், தளர்ச்சிநிலையில் காற்று வெப்பத்தைப் பெறாது. இதன் காரணமாக, ஊடகம் முழுவதிலும் வெப்பநிலை சீராக இருக்காது.

சமவெப்பநிலை நிபந்தனையின் அடிப்படையில் அல்லாமல் வெப்ப மாற்றீடற்ற நியதியின் அடிப்படையில் காற்றில் ஒலி அலைகள் பரவுவதாக லாப்லாஸ் கருதினார்.

வெப்ப மாற்றீடற்ற நிகழ்வில், அழுத்தத்திற்கும் பருமனுக்கும் இடையேயான தொடர்பு ,

$$P\,V^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

இதில், $\gamma = \left(\dfrac{C_P}{C_V}\right)$ என்பது வாயுவின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களின் தகவாகும்.

வகை செய்ய,

$$P\gamma\, V^{\gamma-1}\,.\,dV + V^{\gamma}\,dP = 0$$

$$P\gamma = \frac{-V^{\gamma}\,dP}{V^{\gamma-1}\,dV}$$

$$P\,\gamma = -V.\frac{dP}{dV}$$

$$P\gamma = \frac{-dP}{\left(\dfrac{dV}{V}\right)} = k$$

$$\therefore \qquad P\gamma = k \text{ (பரும மீட்சிக் குணகம்)}$$

எனவே, வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வின் அடிப்படையில், ஒலியின் திசைவேகம்,

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

இச்சமன்பாடு, லாப்லாஸின் திருத்தப்பட்ட சமன்பாடாகும்.

NTP- யில் காற்றில், $\gamma = 1.41,\ \rho = 1.293\ kg\ m^{-3}$

$$\therefore \qquad v = \sqrt{\gamma}\ \sqrt{\frac{P}{\rho}} = \sqrt{1.41} \times 280$$

$$= 331.3\ m\ s^{-1}$$

இம்மதிப்பு, சோதனையில் கண்டறியப்பட்ட மதிப்பான 332 $m\,s^{-1}$ உடன் ஒத்துள்ளது.

7.2.5 வாயுக்களில் ஒலியின் திசைவேகத்தைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

(i) அழுத்தத்தின் விளைவு

வாயுவின் வெப்பநிலை மாறாமல் இருப்பின், பாயிலின் விதிப்படி, PV = மாறிலி

அதாவது, $P \cdot \frac{m}{\rho}$ = மாறிலி

வாயுவின் நிறை மாறாதபோது $\frac{P}{\rho}$ என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். அழுத்தமானது P-யிலிருந்து P'க்கு மாற்றமடைந்தால் அவற்றிற்குரிய அடர்த்தியும் ρ -விலிருந்து ρ′க்கு மாற்றமடையும். எனவே $\frac{P}{\rho}$ = மாறிலி.

லாப்லாஸின் சமன்பாடான $\sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$ வும் மாறிலியாகும். எனவே, வாயுவின் வெப்பநிலை மாறாதபோது ஒலியின் திசைவேகம், அழுத்த மாற்றத்தைச் சார்ந்ததல்ல.

(ii) வெப்பநிலையின் விளைவு

வாயு விதியின் படி,

$$PV = RT$$

$$P.\frac{m}{\rho} = RT$$

$$\frac{P}{\rho} = \frac{RT}{m}$$

இதில் m என்பது வாயுவின் நிறை, T என்பது சார்பிலா வெப்பநிலை மற்றும் R என்பது வாயு மாறிலி ஆகும்.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}}$$

வாயு ஒன்றில் ஒலியின் திசைவேகம், சார்பிலா வெப்பநிலையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவிலிருக்கும்.

0^oC மற்றும் t^oC- ல் ஒலியின் திசைவேகங்கள் முறையே v_o மற்றும் v_t என இருப்பின், மேற்காண் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$v_o = \sqrt{\frac{\gamma R}{m}} \times \sqrt{273}$$

$$v_t = \sqrt{\frac{\gamma R}{m}} \times \sqrt{273+t}$$

$$\therefore \frac{v_t}{v_o} = \sqrt{\frac{273+t}{273}}$$

$$\therefore v_t = v_o \left(1+\frac{t}{273}\right)^{1/2}$$

ஈருறுப்புக் கோவையைப் பயன்படுத்தி, விரிவுபடுத்தி, உயர் அடுக்குகளைப் புறக்கணித்தால்,

$$v_t = v_o \left(1+\frac{1}{2}\cdot\frac{t}{273}\right) = v_o \left(1+\frac{t}{546}\right)$$

0^o C–ல் $v_o = 331 m s^{-1}$

$$v_t = 331 + 0.61t \ m \ s^{-1}$$

1^oC வெப்பநிலை உயரும்போது காற்றில் ஒலியின் திசைவேகமானது $0.61 \ m s^{-1}$ அதிகரிக்கிறது.

(iii) அடர்த்தியின் விளைவு

சமவெப்ப நிலையும் அழுத்தமும், மாறுபட்ட அடர்த்திகளையும் உடைய இரு வேறு வாயுக்களைக் கருதுக. அவற்றில் ஒலியின் திசைவேகங்கள்

$$v_1 = \sqrt{\frac{\gamma_1 P}{\rho_1}} \quad \text{மற்றும்} \quad v_2 = \sqrt{\frac{\gamma_2 P}{\rho_2}}$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

γ மதிப்பு சமமாக உள்ள வாயுக்களில்

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

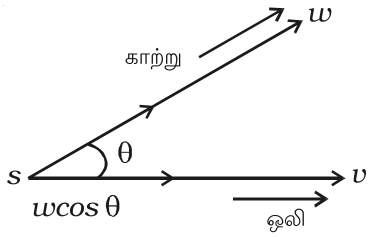
வாயுவில் ஒலியின் திசைவேகமானது வாயுவின் அடர்த்தியின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும்.

(iv) ஈரப்பதத்தின் விளைவு

காற்றின் ஈரப்பதம் அதிகரித்தால், நீராவியின் அளவும் அதிகரிக்கிறது. எனவே, அடர்த்தி குறைகிறது. ஏனெனில், நீராவியின் அடர்த்தி உலர்ந்த காற்றின் அடர்த்தியைவிடக் குறைவு. ஒலியின் திசைவேகம், அடர்த்தியின் இருமடி மூலத்திற்கு எதிர்த்தகவில் இருப்பதால், ஒலியானது உலர்ந்த காற்றில் செல்வதைவிட ஈரப்பதம் மிக்க காற்றில் வேகமாகச் செல்லும். இதன் காரணமாகவே, மழை பெய்யும் நாளில் ஒலி வேகமாகச் செல்கிறது.

(v) காற்றின் விளைவு

காற்று வீசுவதால் ஒலியின் திசைவேகம் பாதிக்கிறது. ஒலியின் திசையில், காற்று, w என்ற திசைவேகத்துடன் வீசும்போது, ஒலியின் திசைவேகம் $v + w$ என அதிகரிக்கும். ஒலியின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில், காற்று வீசும்போது, ஒலியின் திசைவேகம் $v - w$ எனக் குறையும். ஒலியின் திசைக்கு θ கோணத்தில் காற்று வீசும்போது, ஒலியின் தொகுபயன் திசைவேகம் $(v + w\cos\theta)$ என இருக்கும்.



படம் 7.5 காற்றின் விளைவு

குறிப்பு : ஊடகம் ஒன்றில் வெவ்வேறு அதிர்வெண்கள் அல்லது அலைநீளங்கள் உடைய ஒலி அலைகள் சம திசைவேகத்தில் செல்லும். ஆகவே, ஒலியின் திசைவேகத்தின் மீது அதிர்வெண் எவ்வித பாதிப்பையும் ஏற்படுத்துவதில்லை.

அட்டவணை 7.1 வெவ்வேறு ஊடகங்களில் ஒலியின் திசைவேகம்
(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

	ஊடகம்	திசைவேகம் (ms^{-1})
வாயுக்கள்	0^oC–ல் காற்று	331
	20^oC–ல் காற்று	343
	ஹீலியம்	965
	ஹைடிரஜன்	1284
திரவங்கள்	0^oC–ல் நீர்	1402
	20^oC–ல் நீர்	1482
	கடல் நீர்	1522
திடப் பொருள்கள்	அலுமினியம்	6420
	எஃகு	5921
	கிரானைட்	6000

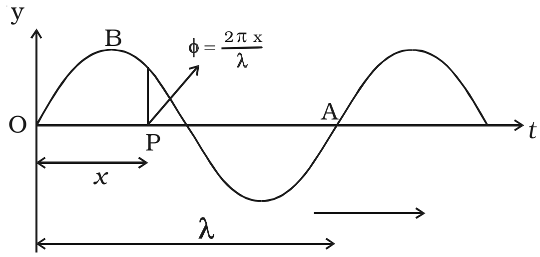
7.3 முன்னேறு அலை

பொருளொன்றின் அதிர்வியக்கமானது, மீட்சித் தன்மையுடைய ஊடகத்தில் ஒரு துகளிலிருந்து அடுத்தடுத்த துகள்களுக்கு தொடர்ந்து மாற்றப்படுமானால் அதனை முன்னேறு அலை என வரையறுக்கலாம்.

7.3.1 சமதள முன்னேறு அலையின் சமன்பாடு

அலை பரவும் திசையில், ஊடகத்தில் உள்ள அதிர்வுறும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சியை, அலையின் சமன்பாடாகக் குறிப்பிடலாம். முன்னேறு அலையின் ஒவ்வொரு துகளும் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. அவற்றின் அலைவு காலமும் வீச்சும் சமமாக இருக்கும். ஆனால், கட்டம் வெவ்வேறாக இருக்கும்.

நேர்க்குறி X-அச்சில், ஆதிப் புள்ளி O-விலிருந்து முன்னேறு அலை ஒன்று செல்வதாகக் கருதுவோம் (படம் 7.6).



படம் 7.6 சமதள முன்னேறு அலை

$\omega = 2\pi n$ என்ற கோண அதிர்வெண் மற்றும் a வீச்சுடன் அதிர்வுறும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = a \sin \omega t \qquad \ldots(1)$$

குறிப்பிட்ட நேரத்தில் O–விலிருந்து x தொலைவில் உள்ள P என்ற துகளின் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = a \sin (\omega t - \phi) \qquad \ldots(2)$$

இரு துகள்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு λ எனில், அவற்றிற்கிடையேயான கட்ட வேறுபாடு 2π ஆகும். எனவே, x தொலைவில் உள்ள துகள் P-யின் கட்டம்,

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}.x$$

$$y = a \sin \left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \qquad \ldots(3)$$

$\omega = 2\pi n = 2\pi \frac{v}{\lambda}$ என்பதால்,

$$y = a \sin \left(\frac{2\pi vt}{\lambda} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} \quad (vt - x) \qquad ...(4)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ என்பதால், சமன்பாடு (3)-ஐ மாற்றியமைக்க,

$$y = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \qquad ...(5)$$

முன்னேறு அலை, எதிர்த்திசையில் பரவும்போது,

$$y = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right) \qquad ...(6)$$

(i) காலத்துடன் கட்டத்தின் மாற்றம்

மாறாத தொலைவில், கட்டமானது காலத்தைச் சார்ந்து தொடர்ந்து மாறும்.

O-விலிருந்து x தொலைவில், t_1 மற்றும் t_2 காலங்களில் கட்டங்கள் முறையே ϕ_1 மற்றும் ϕ_2 எனில்,

$$\phi_1 = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$\phi_2 = 2\pi \left(\frac{t_2}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$\therefore \phi_2 - \phi_1 = 2\pi \left(\frac{t_2}{T} - \frac{t_1}{T}\right)$$

$$= \frac{2\pi}{T}(t_2 - t_1)$$

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{T} \Delta t$$

Δt கால இடைவெளியில் துகளின் கட்டமாற்றம் $\Delta\phi$ ஆகும். $\Delta t = T$ எனில் $\Delta\phi = 2\pi$ ஆகும். T என்ற அலைவுக் காலத்திற்குப் பிறகு துகளின் கட்டம் மாறாமல் அந்த மதிப்பையே பெற்றிருக்கும்.

(ii) தொலைவுடன் கட்டத்தின் மாற்றம்

ஒரு குறிப்பிட்ட காலம் t-யில் x என்ற தொலைவைச் சார்ந்து கட்டம் மீண்டும் மீண்டும் சீராக மாற்றமடையும். t காலத்தில், ஆதிப்புள்ளியிலிருந்து x_1 மற்றும் x_2

தொலைவுகளில் உள்ள இரு கட்டங்கள் முறையே ϕ_1 மற்றும் ϕ_2 எனில்

$$\phi_1 = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right)$$

$$\phi_2 = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda}\right)$$

$$\therefore \phi_2 - \phi_1 = -\frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1)$$

$$\therefore \Delta\phi = -\frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$$

அலையானது இடதுபக்கத்திலிருந்து வலதுபக்கமாகச் செல்லும்போது முன்புறப் புள்ளிகள் கட்டத்தில் பின்தங்கியுள்ளதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

$\Delta x = \lambda$ எனில், $\Delta\phi = 2\pi$ ஆகும். இரு துகள்களுக்கிடையேயான பாதை வேறுபாடு λ எனில் கட்ட வேறுபாடு 2π ஆகும்.

7.3.2 முன்னேறு அலையின் சிறப்பியல்புகள்

1. ஊடகத்தின் ஒவ்வொரு துகளும், அவற்றின் மையப்புள்ளியைப் பொருத்து அதிர்வுறுகின்றன. ஒரு துகளிலிருந்து மற்றொரு துகளுக்கு மாறுபாடானது (குலைவு) மாற்றப்பட்டு முன்னேறிச் செல்லும்.

2. ஊடகத்தின் துகள்கள், அவற்றின் மையப்புள்ளியைப் பொருத்து சமவீச்சுடன் அதிர்வடைகின்றன.

3. அலை பரவும் திசையில் ஒவ்வொரு துகளும் அதற்கு முன் உள்ள துகளைப் போன்ற இயக்கத்தையே மேற்கொள்ளும். ஆனால், சிறிது காலம் கழித்தே அதிர்வடையத் தொடங்கும்.

4. ஒவ்வொரு துகளின் கட்டமும் 0-விலிருந்து 2π வரை மாறும்.

5. எந்தத் துகளும் நிலையாக ஓய்வில் இருப்பதில்லை. ஒவ்வொரு அதிர்வின் போதும் துகள்கள், அதிர்வின் இரு பெருமப் புள்ளிகளில் கணநேரத்திற்கு ஓய்வில் இருக்கும். வெவ்வேறு துகள்கள் அந்நிலையை வெவ்வேறு காலங்களில் அடையும்.

6. முன்னேறும் குறுக்கலைகள் முகடுகள் மற்றும் அகடுகளாகவும், முன்னேறும் நெட்டலைகள் இறுக்கங்கள் மற்றும் தளர்ச்சிகளாகவும் பரவுகின்றன.

7. முன்னேறு அலை பரவும் திசையில் ஊடகத்தின் வழியே ஆற்றல் மாற்றம் செய்யப்படுகிறது.

8. அனைத்துத் துகள்களும் அவற்றின் மையப்புள்ளிகளைக் கடக்கும்போது, சம அளவு பெருமத் திசைவேகங்களைப் பெற்றிருக்கும்.

9. m என்பது முழு எண் எனில், $m\lambda$ தொலைவு பிரிக்கப்பட்ட துகளின் இடப்பெயர்ச்சி, திசைவேகம் மற்றும் முடுக்கம் சமமாகும்.

7.3.3 ஒலிச்செறிவும் அளவும்

வயலின், புல்லாங்குழல், ஹார்மோனியம் போன்றவற்றில் ஏற்படும் ஒலி நம் செவிக்கு இனிமையாகவும் துப்பாக்கி, மோட்டார் காரின் ஒலிப்பான் போன்றவற்றில் ஏற்படும் ஒலி நம் காதுக்கு அருவருப்பாகவும் உள்ளன.

ஒலியின் உரப்பு **(loudness)**, ஒலியின் செறிவு மற்றும் செவியின் உணர்திறனையயும் சார்ந்தது.

அலை பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக, ஓரலகு காலத்தில் ஓரலகுப் பரப்பில் கடக்கும் ஆற்றலின் அளவினைச் செறிவு என வரையறுக்கலாம். செறிவின் அலகு Wm^{-2}.

ஒலியின் செறிவு **(i)** ஒலிமூலத்தின் வீச்சு ($I \propto a^2$) **(ii)** ஒலி மூலத்தின் மேற்பரப்பு ($I \propto A$) **(iii)** ஊடகத்தின் அடர்த்தி ($I \propto \rho$) **(iv)** அதிர்வெண் ($I \propto n^2$) மற்றும் **(v)** ஒலி மூலத்திலிருந்து கேட்குநர் **(observer)** இருக்கும் தொலைவு ($I \propto \frac{1}{r^2}$) போன்றவற்றைச் சார்ந்திருக்கும்.

மனிதனின் செவிக்குக் கேட்கக் கூடிய குறைந்தபட்ச ஒலியின் செறிவு, கேட்டலின் பயன் தொடக்கம் எனப்படும். இதனை I_o எனக் குறிப்பிடலாம்.

1 KHz, அதிர்வெண் உடைய ஒலிக்கு $I_o = 10^{-12}$ W m^{-2}. ஒளிச் செறிவின் அளவு டெசிபெல் **(decibel)** என்ற அலகால் அளவிடப்படுகிறது. வெபர் - ஃபெக்னர் விதியின்படி,

$$\text{டெசிபெல் அளவு } (\beta) = 10 \log_{10} \left[\frac{I}{I_o}\right]$$

இதில் I_o என்பது கேட்டலின் பயன் தொடக்கம் ஆகும் (10^{-12} W m^{-2}). இதன் அளவு 0 dB ஆகும். I என்பது செவி தாங்கிக் கொள்ளக்கூடிய பெருமச் செறிவான, 1W m^{-2} – க்குச் சமமான 120 dB ஆகும்.

$$\beta = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{10^{-12}}\right)$$

$$\beta = 10 \log_{10} (10^{12})$$

$$\beta = 120 \text{ dB.}$$

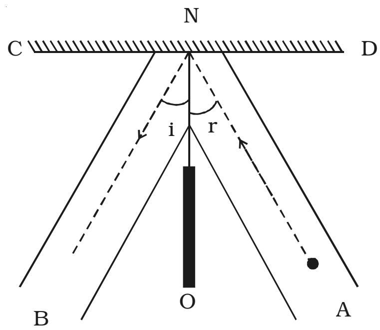
வெவ்வேறு ஒலிமூலங்களுக்கான டெசிபெல் மதிப்பும் ஆற்றல் அடர்த்தியும் (செறிவு) அட்டவணை 7.2-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 7.2 ஒலி மூலங்களின் செறிவு
(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

ஒலி மூலம்	ஒலிச் செறிவு (dB)	செறிவு ($W m^{-2}$)
செவியை பழுதாக்கும் ஒலி	120	1
நெரிசல் மிக்க போக்குவரத்து	70	10^{-5}
உரையாடல்	65	3.2×10^{-6}
மெதுவாக இயங்கும் கார்	50	10^{-7}
வானொலி	40	10^{-8}
முணுமுணுத்தல்	20	10^{-10}
இலைச் சறுகுகளின் சலசலப்பு	10	10^{-11}
கேட்டலின் பயன் தொடக்கம்	0	10^{-12}

7.4 ஒலியின் எதிரொலிப்பு

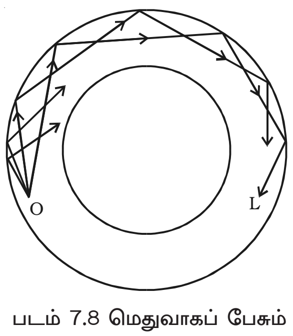
A மற்றும் B என்ற இரு உலோகக் குழாய்களைக் கருதுக. படம் 7.7-ல் காட்டியவாறு, ஒவ்வொரு குழாயின் ஒரு முனையை உலோகத் தகட்டின் மீது வைக்கவும். இரு குழாய்களுக்கும் இடையில் பலகை ஒன்றை வைக்கவும். குழாய் A-யின் திறந்த முனையில் கைக்கடிகாரம் ஒன்றை வைக்கவும். பலகையுடன் குழாய் B-யை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வைத்து டிக்டிக் ஒலியை தெளிவாகக் கேட்கவும். பலகையுடன் குழாய் B ஏற்படுத்தும் கோணமான எதிரொலிப்புக் கோணமானது, பலகையுடன் குழாய் A ஏற்படுத்தும் கோணமான படுகோணத்திற்குச் சமமாக இருக்கிறது.



படம் 7.7 ஒலியின் எதிரொலிப்பு

7.4.1 ஒலி எதிரொலிப்பின் பயன்கள்

(i) மெதுவாகப் பேசும் கூடம் (Whispering gallery)



படம் 7.8 மெதுவாகப் பேசும் கூடம்

பெருமை வாய்ந்த மெதுவாகப் பேசும் கூடம் புனித பால் கதீட்ரலில் அமைந்துள்ளது. வட்ட வடிவில் உள்ள இதனுள், ஓரிடத்தில் ஒருவர் அமர்ந்து மெல்லிய குரலில் பேசினாலும், மீண்டும் மீண்டும் எதிரொலித்து வரும் ஒலி,

கூடத்தினுள் அமர்ந்திருக்கும் அனைவரின் செவியையும் அடையும். சுவர்கள் வளைவுப் பரப்பாக இருப்பதால், பன்முக எதிரொலிப்பு ஏற்படுகிறது (படம் 7.8).

(ii) ஒலித் துடிப்பு அறியும் கருவி (Stethoscope)

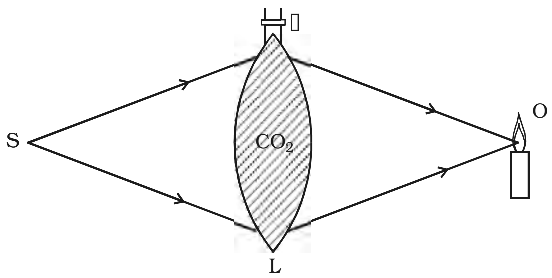
நமது உடலில் உள்ள பல உறுப்புக்கள் ஏற்படுத்தும் ஒலித் துடிப்புகளை கேட்டறியும், மருத்துவர்கள் பயன்படுத்தும் கருவி ஸ்டெத்தாஸ்கோப் ஆகும். அது, இரப்பர் அல்லது உலோகத்தாலான நீண்ட குழாயினை உடையது. குழாயின் ஒரு முனையின் வழியே செல்லும் ஒலித் துடிப்புகள் குழாயின் உட்புறப் பரப்பில் பன்முக எதிரொலிப்பிற்கு உட்பட்டு மறுமுனையில் செறிவடையும். இதனைக் கேட்டறிந்து, மருத்துவர்கள் நோயாளிகளின் இதயத் துடிப்பினை உணர்கிறார்கள்.

(iii) எதிரொலி (Echo)

கேட்குநரிடமிருந்து, தொலைவில் உள்ள பொருளின் பரப்பில் எதிரொலித்து வரும் ஒலி அலைகள் எதிரொலி எனப்படும். ஒலிமூலம் ஒலியை ஏற்படுத்துவதை நிறுத்தியபின்பும், கேட்டலின் நீட்டிப்பு காரணமாக, ஒரு நொடியில் $\frac{1}{10}$ பங்கு காலத்திற்கு நாம் தொடர்ந்து ஒலியை கேட்டுக் கொண்டிருக்கிறோம். ஒலியின் வேகம் 340 m s^{-1} மற்றும் ஒலியானது சென்று எதிரொலித்து 0.1 நொடிக்குப் பிறகு வந்தடைந்தால், அது கடந்த தொலைவு 34 m ஆகும். ஒலி மூலத்திலிருந்து 17 m தொலைவிற்கும் குறைவாக எதிரொலிப்புப் பொருள் இருப்பின் எதிரொலி ஏற்படாது.

7.5 ஒலி விலகல்

படம் 7.9-ல் காட்டியவாறு, கார்பன்-டை-ஆக்சைடு நிரப்பப்பட்ட இரப்பர் உறையைக் கொண்டு ஒலி விலகலடைவதை விளக்கலாம். கார்பன்-டை-ஆக்சைடில் ஒலியின் திசைவேகம், காற்றில் உள்ளதைவிடக் குறைவு. எனவே, இரப்பர் உறை லென்சு போன்று செயல்படுகிறது. ஊதல் (Whistle) ஒன்று ஒலிமூலமாகப் (s) பயன்படுத்தப்பட்டால், லென்சு வழியே செல்லும் ஒலி மறுபக்கம் O-வில் உள்ள மெழுவர்த்திச் சுடர் மீது குவிகிறது. சுடரானது O-வில் உள்ளபோது மட்டுமே ஒலியின் விளைவு ஏற்படுகிறது. எனவே, ஒலி அலைகள் ஒரு ஊடகத்தி லிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது விலகல் அடைகின்றன.



படம் 7.9 ஒலி விலகல்

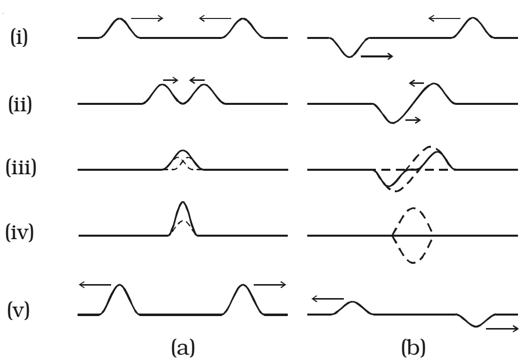
7.5.1 ஒலி விலகலின் பயன்பாடுகள்

ஒலியை, பகல் நேரத்தில் கேட்பதைவிட இரவு நேரத்தில் எளிதில் கேட்க

முடியும். பகல் நேரத்தில், புவிப் பரப்பினருகில் உள்ள காற்றுப் பகுதியை விட காற்று மண்டலத்தின் மேற்பகுதி குளிர்வாக இருக்கும். இரவு நேரத்தில், காற்று மண்டலத்தின் மேற்பகுதியைவிட புவிப்பரப்பிற்கருகில் உள்ள காற்றுப் பகுதி குளிர்வாக இருக்கும். வெப்பக் காற்றில் ஒலி வேகமாகப் பரவுவதால், பகல் நேரத்தில் ஒலி அலைகள் மேல்நோக்கி விலகலடைந்து, புவிப்பரப்பின் மீது குறைந்த தொலைவே கடக்கும். இரவு நேரத்தில், ஒலி அலைகள் கீழ்நோக்கி விலகலடைந்து புவிப்பரப்பில் நெடுந்தொலைவு கடக்கும்.

7.6 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்

ஒவ்வொன்றும் தனித்தனியான இயக்கமாகக் கருதக்கூடிய, இரண்டு அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட அலைகள் ஒரே நேரத்தில் ஒரு ஊடகத்தின் வழியே செல்லும் போது, எந்தவொரு புள்ளியிலும் தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சியானது, அவ்வலை களின் தனித்தனியான இடப் பெயர்ச்சிகளின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.



படம் 7.10 அலைகளின் மேற்பொருந்துதல்

இத்தத்துவத்தை, படம் 7.10(a)-ல் காட்டியவாறு கம்பிச் சுருள் கொண்டு விளக்கலாம்.

1. படம் **(i)** ஆனது இரு துடிப்புகள் செல்வதைக் காட்டுகிறது.

2. படம் **(ii)** ஆனது, இரு துடிப்புகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில் பிரிக்கப்பட்டுள்ளதைக் காட்டுகிறது.

3. படம் **(iii)**-ஆனது, இரு துடிப்புகளும் மேற்பொருந்துவதைக் காட்டுகிறது.

4. படம் **(iv)**-ஆனது, தொகுபயன் பெருமம் எனக் காட்டுகிறது.

சமமான ஆனால் எதிரெதிரான இரு துடிப்புகளின் நிகழ்வை படம் 7.10b காட்டுகிறது.

ஒரு புள்ளியில், $\vec{Y_1}$ மற்றும் $\vec{Y_2}$ என்பன அவற்றின் இடப்பெயர்ச்சிகள் எனில்,

தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி $\vec{Y} = \vec{Y_1} + \vec{Y_2}$.

$|\vec{Y_1}| = |\vec{Y_2}| = a$, மற்றும் ஒரே திசையில் இடப்பெயர்ச்சிகள் இருப்பின்,

$|\vec{Y}| = a + a = 2a$

$|\overline{Y_1}| = |\overline{Y_2}|$ மற்றும் எதிரெதிர்த் திசையில் இடப்பெயர்ச்சிகள் இருப்பின்,

$|\overline{Y}| = a + (-a) = 0$

அலைகளின் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் அலை நிகழ்வான குறுக்கீட்டு விளைவு, விம்மல்கள் மற்றும் நிலையான அலைகளில் பயன்படுகின்றன.

7.6.1 அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு

சம அதிர்வெண் உடைய இரு அலைகள், ஊடகமொன்றில் ஒரே திசையில் செல்லும்போது ஒன்றுடன் மற்றொன்று மேற்பொருந்துவதால், சில புள்ளிகளில் தொகுபயன் செறிவு பெருமமாகவும் மற்ற சில புள்ளிகளில் தொகுபயன் செறிவு சிறுமமாகவும் ஏற்படும் நிகழ்வினை குறுக்கீட்டு விளைவு எனலாம்.

ஒரே திசையில் செல்லும் சம அதிர்வெண் உடைய இரு தனிச் சீரிசை இயக்க அலைகளைக் கருதுவோம். a_1 மற்றும் a_2 என்பன அவற்றின் வீச்சுகளாகவும், ϕ என்பது அவற்றிற்கிடையேயான கட்ட வேறுபாடாகவும் இருப்பின், அவற்றின் கணநேர இடப்பெயர்ச்சிகள்,

$$y_1 = a_1 \sin \omega t \quad ...(1)$$

$$y_2 = a_2 \sin (\omega t + \phi) \quad ...(2)$$

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில், தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2$$

$$= a_1 \sin \omega t + a_2 \sin (\omega t + \phi)$$

$$= a_1 \sin \omega t + a_2 (\sin \omega t . \cos \phi + \cos \omega t . \sin \phi)$$

$$= (a_1 + a_2 \cos \phi) \sin \omega t + a_2 \sin \phi \cos \omega t \quad ...(3)$$

இச்சமன்பாட்டில்,

$$a_1 + a_2 \cos \phi = A \cos \theta \quad ...(4)$$

$$a_2 \sin \phi = A \sin \theta \quad ...(5)$$

எனக் குறிப்பிடலாம். A மற்றும் θ என்பன மாறிலிகளானால்,

$$y = A \sin \omega t . \cos \theta + A \cos \omega t . \sin \theta$$

$$y = A \sin (\omega t + \theta) \quad ...(6)$$

தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சியின் இச்சமன்பாட்டில் A என்பது வீச்சாகும். சமன்பாடு (4) மற்றும் (5)-லிருந்து

$$A^2 \cos^2 \theta + A^2 \sin^2 \theta = (a_1 + a_2 \cos \phi)^2 + (a_2 \sin \phi)^2$$

$$\therefore A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos \phi$$

$$\therefore \; A = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\phi} \qquad \dots (7)$$

$$\text{மற்றும் } \tan\theta = \frac{a_2 \sin\phi}{a_1 + a_2 \cos\phi} \qquad \dots(8)$$

செறிவு என்பது வீச்சின் இருமடிக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். அதாவது $I \propto A^2$

$$\therefore I \propto (a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\phi) \qquad \dots(9)$$

சிறப்பு நேர்வுகள்

$\cos\phi = 1$ அல்லது $\phi = 2m\pi$ (m என்பது முழு எண்) எனில், தொகுபயன் வீச்சு A பெருமமாகும். அதாவது,

$$I_{\text{பெருமம்}} \propto (a_1 + a_2)^2$$

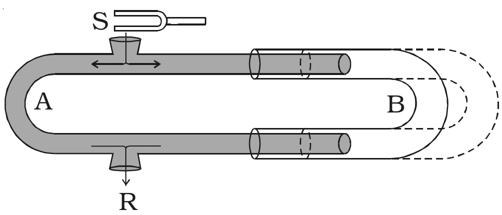
$\cos\phi = -1$ அல்லது $\phi = (2m+1)\pi$ எனில், தொகுபயன் வீச்சு A சிறுமமாகும். அதாவது,

$$I_{\text{சிறுமம்}} \propto (a_1 - a_2)^2$$

$\phi = 2m\pi$ அதாவது $0, 2\pi, 4\pi, \dots$ என்ற கட்ட வேறுபாட்டில் (ஒத்த கட்டத்தில்) அலைகள் குறுக்கிடும்போது, குறுக்கிடும் புள்ளிகளில் பெருமச் செறிவு ஏற்பட்டு ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு நிகழும். $\phi = (2m+1)\pi$ அதாவது $\pi, 3\pi, \dots$ என்ற கட்ட வேறுபாட்டில் (எதிர் கட்டத்தில்) அலைகள் குறுக்கிடும் போது, குறுக்கிடும் புள்ளிகளில் சிறுமச் செறிவு ஏற்பட்டு அழித்தல் குறுக்கீட்டு விளைவு நிகழும்.

7.6.2 ஒலியின் குறுக்கீட்டு விளைவினைச் செய்து காட்டும் சோதனை

படம் 7.11-ல் காட்டப்பட்ட, குயின்கே குழல் கருவியைக் கொண்டு காற்றில் இரு நெட்டலைகள் குறுக்கிடுவதைச் செய்து காண்பிக்க முடியும்.



படம் 7.11 குயின்கே குழல்

குயின்கே குழல் கருவியில் A மற்றும் B என்ற இரண்டு U வடிவக் குழாய்கள் உள்ளன. SAR குழாயில் S மற்றும் R-ல் திறப்புகள் **(Openings)** உள்ளன. B என்ற குழாயானது A குழாயின் மீது நழுவும் அமைப்பு உடையது. S-லிருந்து புறப்படும் அலையானது SAR மற்றும் SBR என்ற பாதைகளில் எதிரெதிர்த் திசைகளில் சென்று R என்ற இடத்தில் சந்திக்கின்றன.

இரு அலைகளுக்கிடையேயான பாதை வேறுபாடு, அலைநீளத்தின் முழு எண் மடங்காக இருப்பின், ஆக்கக் குறுக்கீடு காரணமாக பெரும ஒலிச் செறிவு ஏற்படும்.

அதாவது, $SAR \sim SBR = m\lambda$

இரு அலைகளுக்கிடையேயான, தொடர்புடைய கட்ட வேறுபாடு ϕ—ஆனது π-ன் இரட்டைப்படை எண்ணிக்கையாகும். அதாவது $m = 0, 1, 2, 3$ .... எனில் $\phi = m\ 2\pi$

குழாய் B-யை நகர்த்துவதன் மூலம், அதன் நீளத்தை மாற்றியமைத்தால், ஒரு நிலையில் R-ல் அழித்தல் குறுக்கீடு காரணமாக செறிவு சுழியாகிவிடும். ஒலி கேட்கப்பட மாட்டாது.

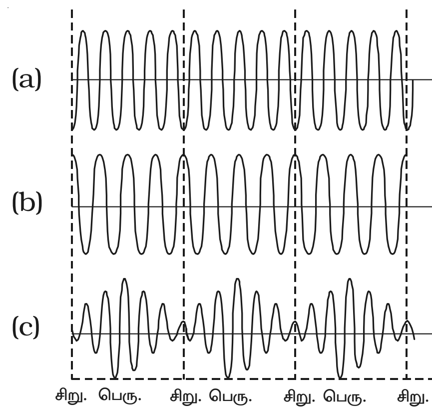
இரு அலைகளுக்கிடையேயான பாதை வேறுபாடு, $\frac{\lambda}{2}$ -ன் ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையாக இருப்பின் சிறுமச் செறிவு ஏற்படும்.

அதாவது, $SAR \sim SBR = (2m + 1)\ \frac{\lambda}{2}$

இரு அலைகளுக்கிடையேயான, தொடர்புடைய கட்ட வேறுபாடு ϕ ஆனது π-ன் ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையாகும். அதாவது $m = 0, 1, 2, 3$ ..... எனில் $\phi = (2m + 1)\pi$.

7.6.3 விம்மல்கள்

சற்றேறக்குறைய சம அதிர்வெண்கள் உடைய இரு அலைகள் ஊடகமொன்றில் ஒரே திசையில் செல்லும்போது ஒன்றுடன் மற்றொன்று மேற்பொருந்தினால் விம்மல்கள் உருவாகின்றன. தொகுபயன் ஒலியின் வீச்சு, ஒரு புள்ளியில் சீரான கால இடைவெளியில் அதிகரிக்கவும், குறையவும் செய்யும்.



படம் 7.12 விம்மல்களைக் காட்டும் வரைபடம்

தொகுபயன் ஒலிச்செறிவு, ஒரு புள்ளியில் சீரான கால இடைவெளியில் அதிகரிக்கவும் குறையவும் செய்யும். செறிவு பெருமத்திற்கு அதிகரிப்பதை ஒலியின் வளர்ச்சி என்றும், சிறுமத்திற்குக் குறைவதை ஒலியின் தேய்வு என்றும் கூறலாம்.

சற்றேறக்குறைய சம அதிர்வெண்கள் உடைய இரு ஒலி அலைகள் குறுக்கிடுவதால் ஏற்படும் ஒலி வளர்ச்சி மற்றும் ஒலித் தேய்வு நிகழ்வு விம்மல்கள் எனப்படும்.

பகுப்பாய்வு முறை

சம வீச்சும், சற்றே மாறுபட்ட அதிர்வெண்கள் n_1 மற்றும் n_2–வும் ($n_1 \sim n_2 < 10$) உடைய இரு அலைகள் ஊடகம் ஒன்றில் ஒரே திசையில் செல்வதாகக் கருதுவோம்.

t = 0, காலத்தில் இரு அலைகளும் ஒத்த கட்டத்தில் செல்கின்றன. இரு அலைகளின் சமன்பாடுகள்,

$$y_1 = a \sin \omega_1 t$$
$$= a \sin (2\pi \, n_1)t \quad \ldots(1)$$
$$y_2 = a \sin \omega_2 t$$
$$= a \sin (2\pi \, n_2)t \quad \ldots(2)$$

இரு அலைகளும் மேற்பொருந்தும்போது, தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$$y = y_1 + y_2$$
$$y = a \sin (2\pi \, n_1) \, t + a \sin (2\pi \, n_2) \, t \quad \ldots(3)$$
$$\therefore \; y = 2a \sin 2\pi \left(\frac{n_1 + n_2}{2}\right) t \cos 2\pi \left(\frac{n_1 - n_2}{2}\right) t \quad \ldots(4)$$

$A = 2 \, a \cos 2\pi \left(\frac{n_1 - n_2}{2}\right) t$ மற்றும் $n = \frac{n_1 + n_2}{2}$ எனில்

$$\therefore \; y = A \sin 2\pi n t$$

இச்சமன்பாடானது, அதிர்வெண் $n = \frac{n_1 + n_2}{2}$ மற்றும் காலத்தைச் சார்ந்து மாறுபடும் வீச்சு A உடைய தனிச்சீரிசை அலையைக் குறிக்கிறது.

(i) தொகுபயன் வீச்சு பெருமமாக இருக்க ($\pm 2a$)

$$\cos 2\pi \left[\frac{n_1 - n_2}{2}\right] t = \pm 1$$

$$\therefore \quad 2\pi \left[\frac{n_1 - n_2}{2}\right] t = m\pi, \quad \text{இங்கு} \quad m = 0, 1, 2 \ldots$$

அல்லது $(n_1 - n_2) \; t = m$

$t_1 = 0$-ல் முதல் பெருமம் ஏற்படும்.

$t_2 = \frac{1}{n_1 - n_2}$ -ல் இரண்டாவது பெருமம் ஏற்படும்.

$t_3 = \frac{2}{n_1 - n_2}$ -ல் மூன்றாவது பெருமம் ஏற்படும்.

அடுத்தடுத்த இரு பெருமங்களுக்கான கால இடைவெளி,

$$t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \frac{1}{n_1 - n_2}$$

ஒரு நொடியில் உருவாகும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கையானது, அடுத்தடுத்த இரு பெருமங்களுக்கான கால இடைவெளியின் தலைகீழியாகும்.

(ii) தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாக இருக்க (= 0), $\cos 2\pi \left(\frac{n_1 - n_2}{2}\right) t = 0$

$$2\pi \left(\frac{n_1 - n_2}{2}\right) t = \frac{\pi}{2} + m\pi = (2m + 1) \frac{\pi}{2}$$

அல்லது $(n_1 - n_2)t = \frac{(2m+1)}{2}$, இங்கு (m = 0, 1, 2 ...)

$t_1' = \frac{1}{2(n_1 - n_2)}$ -ல் முதல் சிறுமம் ஏற்படும்.

$t_2' = \frac{3}{2(n_1 - n_2)}$ -ல் இரண்டாவது சிறுமம் ஏற்படும்.

$t_3' = \frac{5}{2(n_1 - n_2)}$ -ல் மூன்றாவது சிறுமம் ஏற்படும்.

அடுத்தடுத்த இரு சிறுமங்களுக்கான காலஇடைவெளி,

$$t_2' - t_1' = t_3' - t_2' = \frac{1}{n_1 - n_2}$$

ஒரு நொடியில் உருவாகும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கையானது, அடுத்தடுத்த இரு சிறுமங்களுக்கான கால இடைவெளியின் தலைகீழியாகும்.

7.6.4 விம்மல்களின் பயன்கள்

(i) இரு அதிர்வுறும் பொருள்களின் அதிர்வெண்களைச் சமமாக்கி ஒத்ததிர்வூட்டுவதில் விம்மல்கள் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, விம்மல்களைக்

கொண்டு சுரமானிக் கம்பியின் அதிர்வெண்ணை இசைக்கவை ஒன்றின் அதிர்வெண்ணிற்குச் சமப்படுத்தலாம். அதிர்வூட்டப்பெற்ற இசைக்கவையை சுரமானியின் மீது வைக்கும்போது சுரமானிக் கம்பியின் அதிர்வெண்ணும் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணும் சற்றேறக்குறைய சமமாக இருந்தால் விம்மல்கள் கேட்கும். கம்பியின் நீளத்தைத் சரிசெய்ய விம்மல்களின் எண்ணிக்கை குறைந்து இறுதியில் சுழியாகும். தற்போது, கம்பியின் அதிர்வெண்ணும் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணும் சமம் ஆகும். பெரும்பான்மையான இசைக்கருவிகளில் இம்முறை பயன்படுத்தப்பட்டு ஒத்ததிர்வு செய்யப்படுகின்றன.

(ii) விம்மல்களைப் பயன்படுத்தி, இசைக்கவை ஒன்றின் அதிர்வெண்ணைக் கண்டறியலாம். அதிர்வெண் தெரியாத இசைக்கவையுடன் அதிர்வெண் N உடைய படித்தர இசைக்கவையை அதிர்வூட்டச் செய்ய வேண்டும். ஒரு நொடியில் உருவாகும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை n எனில் தெரியாத அதிர்வெண் $N \pm n$ ஆகும். தெரியாத அதிர்வெண் உடைய இசைக்கவையில் சிறிது தேன் மெழுகினை ஒட்டி, அதிர்வெண் குறைக்கப்பட வேண்டும். மீண்டும் இரு இசைக்கவைகளையும் ஒருங்கே அதிர்வூட்டச் செய்ய வேண்டும். தற்போது விம்மல்களின் எண்ணிக்கை முன்பைவிட அதிகம் எனில், தெரியாத அதிர்வெண் N-n ஆகும். விம்மல்களின் எண்ணிக்கை முன்பைவிடக் குறைவு எனில், தெரியாத அதிர்வெண் N + n ஆகும்.

7.6.5 நிலையான அலைகள்

சமவீச்சு மற்றும் சம அலைநீளம் உடைய இரு முன்னேறு அலைகள், நேர்க்கோட்டில் எதிரெதிர்த் திசைகளில் செல்லும்போது, ஒன்று மற்றொன்றின் மீது மேற்பொருந்துவதால் நிலையான அலைகள் உருவாகின்றன.

பகுப்பாய்வு முறை

a வீச்சும் λ அலைநீளமும் உடைய முன்னேறு அலை ஒன்று நேர்க்குறித் திசையில் X அச்சில் செல்கிறது.

$$y_1 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \qquad ...(1)$$

இந்த அலை எதிரொலித்தபிறகு எதிர்க்குறித் திசையில் X அச்சில் மீண்டும் வருகிறது.

$$y_2 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right) \qquad ...(2)$$

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில், தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி,

$y = y_1 + y_2$

$$= a\left[\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)+\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda}\right)\right]$$

$$= a\left[2\sin\frac{2\pi t}{T}\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\right]$$

$$\therefore\ y = 2a\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\sin\frac{2\pi t}{T} \qquad \ldots(3)$$

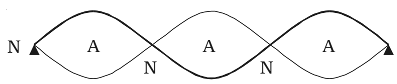
இச்சமன்பாடு நிலையான அலையைக் குறிக்கிறது.

(i) $x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2}$ என்ற புள்ளிகளில், $\cos\frac{2\pi x}{\lambda} = \pm 1$

$\therefore\ A = \pm\ 2a.$ இப்புள்ளிகளில் தொகுபயன் வீச்சு பெருமமாகும். அவை எதிர்கணுக்கள் எனப்படுகின்றன (படம் 7.13).

(ii) $x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}$ .... என்ற புள்ளிகளில், $\cos\frac{2\pi x}{\lambda} = 0.$

$\therefore$ A = 0. இப்புள்ளிகளில் தொகுபயன் வீச்சு சிறுமமாகும் (சுழியாகும்). அவை கணுக்கள் எனப்படுகின்றன (படம் 7.13).



படம் 7.16 நிலையான அலைகள்

அடுத்தடுத்த இரு எதிர்க்கணுக்கள் அல்லது கணுக்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு $\frac{\lambda}{2}$ மற்றும் ஒரு கணுவிற்கும் அதையடுத்த எதிர்க்கணுவிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு $\frac{\lambda}{4}$ ஆகும்.

(iii) $t = 0, \frac{T}{2}, T, \frac{3T}{2}, 2T,$ என்றபோது $\sin\frac{2\pi t}{T} = 0,$ இடப்பெயர்ச்சி சுழியாகும்.

(iv) $t = \frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4}$ என்றபோது, $\sin\frac{2\pi t}{T} = \pm 1,$ இடப்பெயர்ச்சி பெருமமாகும்.

7.6.6 நிலையான அலைகளின் சிறப்பியல்புகள்

1. அலை வடிவம் நிலையாக இருக்கும்.

2. கணுக்களும் எதிர்கணுக்களும் மாறிமாறி உருவாகின்றன.

3. இடப்பெயர்ச்சி சுழியாகும் புள்ளிகள் கணுக்கள் என்றும் இடப்பெயர்ச்சி பெருமமாகும் புள்ளிகள் எதிர்க்கணுக்கள் என்றும் கூறப்படும்.

4. கணுக்களில் அழுத்த மாற்றம் பெருமமாகவும் எதிர்க்கணுக்களில் அழுத்த மாற்றம் சிறுமமாகவும் இருக்கும்.

5. கணுக்களில் உள்ள துகள்களைத் தவிர மற்ற அனைத்துத் துகள்களும் சம அலைவு காலத்துடன் தனிச்சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கின்றன.

6. ஒவ்வொரு துகளின் வீச்சும் சமமல்ல. எதிர்க்கணுக்களில் பெருமமாக உள்ள வீச்சு, குறைந்து கொண்டே சென்று கணுக்களில் சுழியாகும்.

7. கணுக்களில் சுழியாக உள்ள துகள்களின் திசைவேகம், அதிகரித்துச் சென்று எதிர்க் கணுக்களில் பெருமமாகிறது.

8. அடுத்தடுத்த இரு எதிர்க்கணுக்கள் அல்லது கணுக்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு $\frac{\lambda}{2}$ மற்றும் ஒரு கணுவிற்கும் அதையடுத்த எதிர்க்கணுவிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு $\frac{\lambda}{4}$ ஆகும்.

9. நிலையான அலையில் ஆற்றல் மாற்றப்படுவதில்லை. ஒவ்வொரு அதிர்வின் போதும், ஊடகத் துகள்கள் அனைத்தும் அவற்றின் நடுநிலைப் புள்ளியை ஒரே காலத்தில் இரு முறைகள் கடக்கின்றன.

10. ஒரு பிரிவிலுள்ள **(segment)** துகள்கள் அனைத்தும் ஒத்த கட்டத்திலும், அடுத்தடுத்த பிரிவிலுள்ள துகள்கள் எதிரெதிர் கட்டத்திலும் அதிர்வடைகின்றன.

7.7 கம்பிகளில் நிலையான அலைகள்

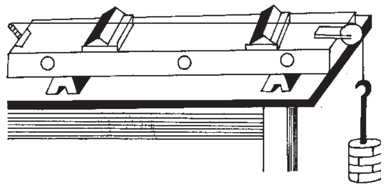
இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பிகளில் ஏற்படும் அதிர்வுகள் காரணமாக, சிதார், வயலின் போன்ற இசைக்கருவிகளில் ஒலி ஏற்படுகிறது. இரு முனைகளில் இறுக்கமாகப் பொருத்தப்பட்ட கம்பி அதிர்வுறும் முறைகளைப் பற்றி அறியலாம்.

இழுவிசையுடன் உள்ள கம்பியை அதிர்வூட்டும் போது, முன்னேறும் குறுக்கலை உருவாகி, கம்பியின் ஒரு முனைக்குச் சென்று எதிரொலித்து மீண்டு வரும். எனவே நிலையான அலைகள் உருவாகின்றன.

*7.7.1 சுரமானி **(Sonometer)***

சுரமானியில், ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள உள்ளீடற்ற ஒலிப்பெட்டி உள்ளது. சீரான குறுக்குப் பரப்பு உடைய மெல்லிய உலோகக் கம்பி ஒன்றின் ஒரு முனை கட்டப்பட்டும் மறுமுனை, கப்பி ஒன்றின் வழியே சென்று, எடை தாங்கியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 7.14). P மற்றும் Q என்ற கூரிய விளிம்புக் கட்டைகளின்

மீதுள்ள கம்பியை, தேவையான அளவிற்குத் தாங்கியில் எடைகளிட்டு விறைப்பாக்க வேண்டும். கம்பியின் அதிர்வுறு நீளத்தை மாற்றியமைக்க, விளிம்புக் கட்டைகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவைச் சரிசெய்ய வேண்டும்.



படம் 7.14 சுரமானி

கம்பியில் நிலையான அலையை உருவாக்கும் போது, P மற்றும் Q என்ற இறுக்கமானப் புள்ளிகளில் கணுக்களும் நடுவில் எதிர்க்கணுவும் உருவாகும்.

கம்பியின் அதிர்வுறும் பிரிவின் நீளம் $l = \lambda/2$ எனவே $\lambda = 2l$. அதிர்வுறும் பிரிவின் அதிர்வெண் n எனில்,

$$n = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2l} \quad \ldots(1)$$

T என்பது இழுவிசை மற்றும் m என்பது ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை எனில்,

$v = \sqrt{\frac{T}{m}}$ ஆகும்.

$$\therefore \quad n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad \ldots(2)$$

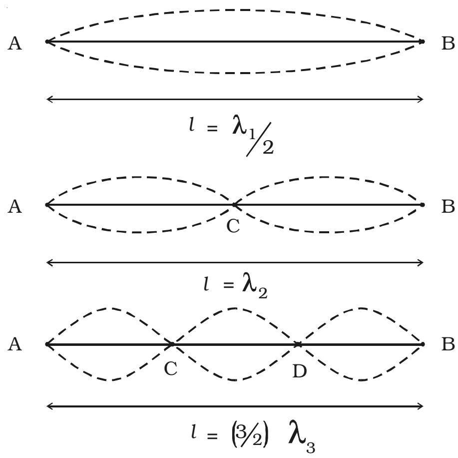
விறைப்பான கம்பியில் அதிர்வுறும் முறைகள்

(i) அடிப்படை அதிர்வெண்

விறைப்பாக உள்ள கம்பியின் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே செல்லும் குறுக்கலை ஒரு புள்ளியில் எதிரொலித்து வருவதால் நிலையான குறுக்கலை ஏற்படுகிறது (படம் 7.15).

l நீளமுள்ள AB என்ற கம்பி, ஒரு பிரிவாக (Segment) அதிர்வடையும் போது, $l = \frac{\lambda_1}{2}$. எனவே $\lambda_1 = 2l$. மிகக்குறைவான அதிர்வெண் $n_1 = \frac{v}{\lambda_1}$ என்ற அடிப்படை அதிர்வெண் ஏற்படுகிறது.

$$\therefore \ n_1 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \quad \ldots(3)$$



படம் 7.15 விறைப்பான கம்பியில் அடிப்படை அதிர்வெண்ணும் மேற்சுரங்களும்

(ii) மேற்சுரங்கள்

AB என்ற கம்பி, இரு பிரிவுகளாக அதிர்வடையும்போது, $l = \frac{\lambda_2}{2} + \frac{\lambda_2}{2} = \lambda_2$.

ஆனால், $n_2 = \frac{v}{\lambda_2}$

$$\therefore\ n_2 = \frac{1}{l}\sqrt{\frac{T}{m}} = 2n_1 \qquad \ldots(4)$$

n_2 என்பது முதல் மேற்சுரத்திற்கான அதிர்வெண்ணாகும். இவ்வதிர்வெண் அடிப்படை அதிர்வெண்ணைப்போல் இரு மடங்காக இருப்பதால், இதனை இரண்டாவது சீரிசை எனலாம்.

கம்பியானது, மேலும் பல பிரிவுகளாக அதிர்வடையும்போது, உயர் மேற்சுரங்கள் ஏற்படுகின்றன.

கம்பியில் P பிரிவுகள் இருப்பின், ஒவ்வொரு பிரிவின் நீளம்,

$$\frac{l}{P} = \frac{\lambda_P}{2}\ \textbf{அல்லது}\ \lambda_p = \frac{2l}{P}$$

$$\therefore\ \text{அதிர்வெண்,}\ n_P = \frac{P}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} = P\,n_1 \qquad \ldots(5)$$

அதாவது, P என்ற சீரிசையானது (P-1) என்ற மேற்சுரத்திற்குரியதாகும்.

7.7.2 விறைப்பான கம்பிகளின் குறுக்கு அதிர்வுகளுக்கான விதிகள்

(i) நீளத்தின் விதி **(ii)** இழுவிசையின் விதி மற்றும் **(iii)** நிறையின் விதி என்பன விறைப்பான கம்பிகளின் குறுக்கதிர்வு விதிகளாகும்.

(i) மாறாத நிறையும் இழுவிசையும் உடைய குறிப்பிட்ட ஒரு கம்பியின் அதிர்வின் அடிப்படை அதிர்வெண், அதிர்வுறு நீளத்திற்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும். அதாவது, $n\ \alpha\ \frac{1}{l}$ அல்லது $nl =$ மாறிலி.

(ii) மாறாத நிறையும் அதிர்வுறு நீளமும் உடைய குறிப்பிட்ட ஒரு கம்பியின் அதிர்வின் அடிப்படை அதிர்வெண், இழுவிசையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். அதாவது, $n\ \alpha\ \sqrt{T}$.

(iii) மாறாத இழுவிசையும் அதிர்வுறு நீளமும் உடைய குறிப்பிட்ட ஒரு கம்பியின் அதிர்வின் அடிப்படை அதிர்வெண், ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறையின் இருமடி மூலத்திற்கு, எதிர்த்தகவில் இருக்கும். அதாவது, $n\ \alpha\ \frac{1}{\sqrt{m}}$.

7.8 குழாய்களில் காற்றுத் தம்பத்தின் அதிர்வுகள்

புல்லாங்குழல், கிளாரினட் போன்ற இசைக்கருவிகளில் காற்றுத் தம்பங்களின் அதிர்வுகள் என்ற தத்துவம் பயன்படுகிறது. குழாயில், படும் அலையும் எதிரொலித்து வரும் அலையும் மேற்பொருந்துவதால் நிலையான நெட்டலைகள் உருவாகின்றன.

7.8.1 ஆர்கன் குழாய்கள்

குழாயில் காற்றை ஊதுவதன் மூலம் இசை ஒலியை ஏற்படுத்தக் கூடிய இசைக்கருவிகள் ஆர்கன் குழாய்களாகும். **(i)** ஒருமுனையில் மூடப்பட்டிருக்கும் மூடிய ஆர்கன் குழாய் மற்றும் **(ii)** இரு முனைகளும் திறந்திருக்கும் திறந்த ஆர்கன் குழாய் என ஆர்கன் குழாய் இரு வகைப்படும்.

(i) மூடிய ஆர்கன் குழாய்

மூடிய ஆர்கன் குழாயின் திறந்த முனையில் மெதுவாக காற்று ஊதப்படுவதன் மூலம் காற்றுத் தம்பம் அடிப்படை அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறுகிறது (படம் 7.16a) மூடிய முனையில் கணுவும் திறந்த முனையில் எதிர்க்கணுவும் உருவாகின்றன. குழாயின் நீளம் l எனில், $l = \frac{\lambda_1}{4}$ அல்லது $\lambda_1 = 4l$

n_1 என்பது அடிப்படை அதிர்வெண் மற்றும் v என்பது காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் எனில்,

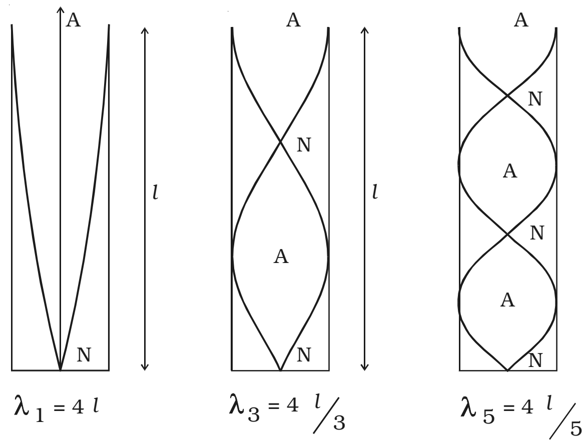
$$n_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4l} \quad \ldots (2)$$

குழாயின் திறந்த முனையில் வேகமாக காற்று ஊதப்படுவதன் மூலம் அடிப்படை அதிர்வெண்ணிற்கு மேற்பட்ட உயர் அதிர்வெண்களை உருவாக்கலாம். அவைகள் மேற்சுரங்கள் எனப்படும். இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கும் மேற்பட்ட கணுக்கள் மற்றும் எதிர்க்கணுக்கள் உடைய அதிர்வு முறைகள் படம் 7.16b மற்றும் 7.16c-யில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

$$l = \frac{3\lambda_3}{4} \text{ அல்லது } \lambda_3 = \frac{4l}{3} \quad \ldots (3)$$

$$\therefore\ n_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{3v}{4l} = 3n_1 \quad \ldots (4)$$

இதனை முதல் மேற்சுரம் அல்லது மூன்றாவது சீரிசை எனலாம்.



படம் 7.16 மூடிய குழாயில் நிலையான அலைகள்

இதுபோன்று $n_5 = \frac{5v}{4l} = 5n_1$ ...(5)

இதனை இரண்டாவது மேற்சுரம் அல்லது ஐந்தாவது சீரிசை எனலாம்.

எனவே, P என்ற மேற்சுரத்தின் அதிர்வெண் $(2p + 1)\ n_1$ ஆகும். (n_1 என்பது அடிப்படை அதிர்வெண் ஆகும்). மூடிய குழாயில் ஒற்றைப்படை சீரிசைகள் மட்டுமே உருவாகும். சீரிசைகளின் அதிர்வெண்களின் தகவு 1 : 3 : 5 ... ஆகும்.

(ii) திறந்த ஆர்கன் குழாய்

திறந்த ஆர்கன் குழாயில் காற்று ஊதப்படும்போது, காற்றுத் தம்பமானது அடிப்படை நிலையில் அதிர்வடைகிறது (படம் 7.17a). குழாயின் இரு முனைகளில் எதிர்கணுக்களும், நடுவில் கணுவும் உருவாகும். குழாயின் நீளம் l எனில்,

$l = \frac{\lambda_1}{2}$ அல்லது $\lambda_1 = 2l$ ...(1)

$v = n_1\lambda_1 = n_1 2l$

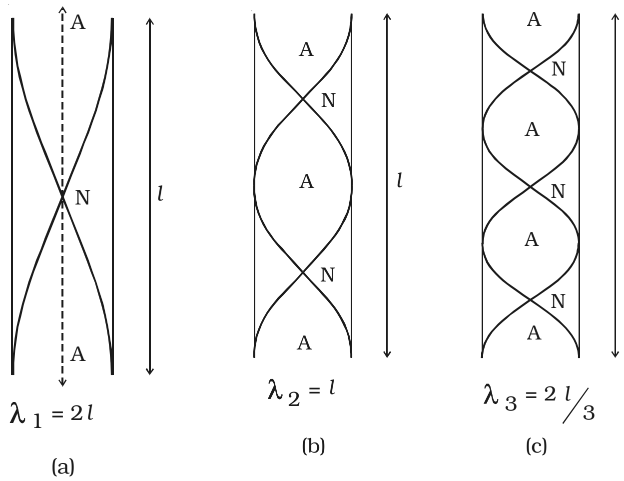
அடிப்படை அதிர்வெண், $n_1 = \frac{v}{2l}$ ...(2)

இதனையடுத்த, அதிர்வு நிலையில், கூடுதல் கணுக்களும் எதிர்க்கணுக்களும் படம் 7.17 b மற்றும் 7.17 c -ல் காட்டியவாறு உருவாகும்.

$l = \lambda_2$ அல்லது $v = n_2\lambda_2 = n_2\ .\ l.$

$\therefore\ n_2 = \left(\frac{v}{l}\right) = 2n_1$ ...(3)

இது, முதல் மேற்சுரம் அல்லது இரண்டாவது சீரிசை எனப்படும்.



படம் 7.17 திறந்த குழாயில் நிலையான அலைகள்

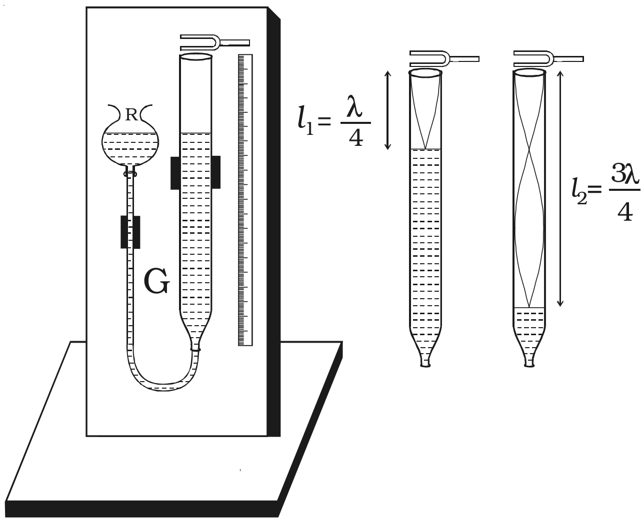
இதுபோன்று, $n_3 = \dfrac{v}{\lambda_3} = \dfrac{3v}{2l} = 3n_1$ ...(4)

இது, இரண்டாவது மேற்சுரம் அல்லது மூன்றாவது சீரிசை எனப்படும்.

எனவே, P என்ற மேற்சுரத்தின் அதிர்வெண் $(P + 1)\ n_1$ ஆகும். (n_1 என்பது அடிப்படை அதிர்வெண்). சீரிசைகளின் அதிர்வெண்களின் தகவு 1 : 2 : 3 ..... ஆகும்.

7.9 ஒத்ததிர்வு காற்றத் தம்பக் கருவி

ஒத்ததிர்வு காற்றுத் தம்பக் கருவியில் ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள கண்ணாடிக் குழாய் G உள்ளது. படம் 7.18-ல் காட்டியவாறு அதன் கீழ்முனையில், நீர் சேமக் கலனுடன் (R) இணைக்கப் பட்ட இரப்பர் குழாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 7.18 ஒத்ததிர்வு காற்றுத்தம்பக் கருவி

கண்ணாடிக் குழாயானது, அளவுகோல் பொருத்தப்பட்ட செங்குத்துத் தாங்கியில்

பொருத்தப்பட்டுள்ளது. குழாயின் ஒரு பகுதி நீரால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. சேமக்கலனை மேலேற்றி அல்லது கீழிறக்கி, குழாயில் நீர்மட்டத்தினைச் சரிசெய்யலாம்.

n அதிர்வெண் உடைய அதிர்வூட்டப்பெற்ற இசைக்கவையை குழாயின் திறந்த முனையருகில் வைக்க வேண்டும். நீரின் மட்டத்தை மாற்றி காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தை சரி செய்ய வேண்டும். காற்றுத் தம்பம் உள்ள குழாயின் பகுதி மூடிய ஆர்கன் குழாய் போன்று உள்ளது. இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுடன் காற்றுத் தம்பம் ஒத்ததிரும்போது பெரும ஒலிச்செறிவு ஏற்படும்.

குழாயில், நிலையான நெட்டலை உருவாகிறது. நீர்ப்பரப்பில் கணுவும் திறந்த முனையருகில் எதிர்க்கணுவும் உருவாகின்றன. ஒத்ததிரும் காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம் l_1 மற்றும் முனைத் திருத்தம் e எனில்,

$$\frac{\lambda}{4} = l_1 + e \qquad \ldots(1)$$

மீண்டும் ஒருமுறை இசைக்கவையுடன் ஒத்ததிர்வு ஏற்படுமாறு காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தை அதிகரிக்க வேண்டும். தற்போது, ஒத்ததிரும் காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம் l_2 எனில்,

$$\frac{3\lambda}{4} = l_2 + e \qquad \ldots(2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)–லிருந்து,

$$\frac{\lambda}{2} = (l_2 - l_1) \qquad \ldots(3)$$

அறை வெப்பநிலையில காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம்,

$$v = n\lambda = 2n\ (l_2 - l_1) \qquad \ldots(4)$$

முனைத் திருத்தம்

எதிர்க்கணுவானது, துல்லியமாகக் குழாயின் திறந்த முனையில் உருவாகாமல், திறந்த முனைக்குச் சற்று தொலைவில் உருவாகும். இத்தொலைவு முனைத்திருத்தம் எனப்படும்.

$l_1 + e = \frac{\lambda}{4}$ மற்றும் $l_2 + e = \frac{3\lambda}{4}$ என்பனவற்றிலிருந்து, $e = \frac{l_2 - 3l_1}{2}$

r என்பது குழாயின் ஆரம் எனில், $e = 0.61r$, என்று முனைத்திருத்தத்தின் மதிப்பு கண்டறியப்படுகிறது.

7.10 டாப்ளர் விளைவு

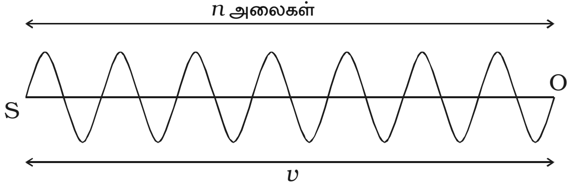
வேகமாக இயங்கும் இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை (கேட்குநரை) நோக்கிச் செல்லும்போது, அதன் ஊதல் ஒலியின் சுருதி (அதிர்வெண்) அதிகரிப்பது போன்றும், கேட்குநரை விட்டு விலகிச் செல்லும் போது சுருதி குறைவது போன்றும் தோன்றும். அதிர்வெண்ணின் தோற்ற மாற்றத்தை முதன் முதலாக 1845-ல் டாப்ளர் கண்டறிந்து விளக்கினார்.

ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்குநருக்கும் இடையே சார்பியக்கம் இருக்கும்போது, ஒலியின் அதிர்வெண் மாறுவது போன்று தோன்றும் நிகழ்வு டாப்ளர் விளைவு எனப்படும்.

வெவ்வேறு நிகழ்வுகளில் டாப்ளர் விளைவின் தோற்ற அதிர்வெண் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கப்படலாம்.

(i) ஒலிமூலமும் கேட்போரும் ஓய்வுநிலையில் உள்ளபோது

S மற்றும் O என்பன முறையே ஒலிமூலம் மற்றும் கேட்போரின் நிலைகளாக இருக்கட்டும் (படம் 7.19 a) n என்பது ஒலியின் அதிர்வெண் மற்றும் v என்பது ஒலியின் திசைவேகம் ஆகும். ஒரு நொடியில் ஒலிமூலம் ஏற்படுத்தும் அலைகள் கடக்கும் தொலைவு, SO = v

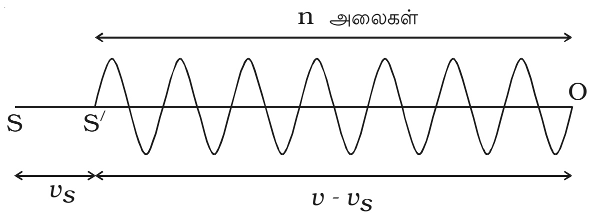


படம் 7.19**a** ஒலிமூலமும் கேட்போரும் ஓய்வு நிலையில்

$$\text{அலைநீளம் } \lambda = \frac{v}{n}.$$

(ii) ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை நோக்கி ஒலிமூலம் நகரும் போது

ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை நோக்கி ஒலிமூலம் v_s திசைவேகத்தில் நகர்ந்தால் ஒரு நொடிக்குப் பிறகு SS′ = v_s என இருக்குமாறு ஒலிமூலம் S′-ஐ அடையும். ஒலிமூலத்தால் வெளிவிடப்பட்ட n அலைகள் படம்7.19b-ல் காட்டியவாறு $(v - v_s)$ தொலைவை ஆக்கிரமித்துக் கொள்ளும்.



படம் 7.19 b ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை நோக்கி ஒலிமூலம் நகரும் போது

எனவே, ஒலியின் தோற்ற அலைநீளம், $\lambda' = \frac{v - v_s}{n}$

தோற்ற அதிர்வெண், $n' = \frac{v}{\lambda'} = \left(\frac{v}{v - v_s}\right)n$ ...(1)

$n' > n$ என்பதனால், ஒலியின் சுருதி அதிகரிப்பது போல் தோன்றுகிறது.

ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை விட்டு விலகி ஒலிமூலம் நகரும்போது

ஒலிமூலமானது v_s திசைவேகத்துடன், ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை விட்டு விலகி நகரும்போது

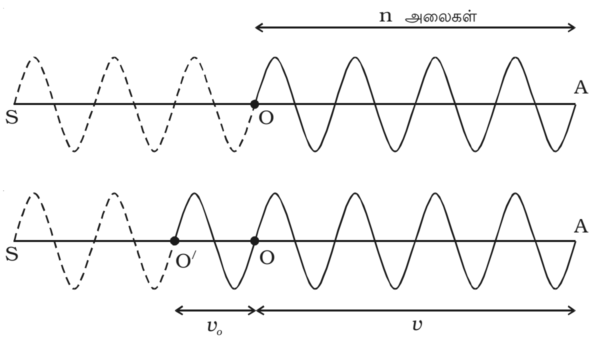
தோற்ற அதிவெண்,

$$n' = \left(\frac{v}{v - (-v_s)}\right)n = \left(\frac{v}{v + v_s}\right)n \qquad ...(2)$$

$n' < n$ என்பதனால் ஒலியின் சுருதி குறைவதுபோல் தோன்றும்.

(iii) ஓய்வு நிலையில் ஒலிமூலமும் இயக்கத்தில் கேட்போரும் உள்ளபோது

S மற்றும் O என்பன முறையே ஒலிமூலம் மற்றும் கேட்போரின் நிலைகளைக் குறிக்கின்றன. ஒலிமூலமானது $\lambda = \frac{v}{n}$ என்ற அலைநீளமுடைய n அலைகளை ஒரு நொடியில் வெளிவிடுகிறது. O-விற்கும் A-விற்கும் இடையிலுள்ள n அலைகள் கேட்போரின் செவியைக் கடந்து செல்லும் (படம் 7.20a) அதாவது, முதல் அலை A-வில் இருக்கும் போது n-வது அலை கேட்போர் இருக்கும் இடமான O-வில் இருக்கும்.



படம் 7.20a, 7.20b ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஒலிமூலத்தை நோக்கி கேட்போர் நகருதல்

ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஒலிமூலத்தை நோக்கி கேட்போர் நகருதல்

நிலையான ஒலிமூலத்தை நோக்கி கேட்போர் υ_o என்ற திசைவேகத்துடன் நகருவதாகக் கருதுக. ஒரு நொடிக்குப் பிறகு, $OO' = \upsilon_o$ என்றிருக்குமாறு, கேட்குநர் O′ என்ற புள்ளியைச் சென்றடைகிறார். கேட்போரைக் கடந்து செல்லும் அலைகளின் எண்ணிக்கையானது, OA தொலைவில் உள்ள n அலைகள் மற்றும் OO′ தொலைவில் உள்ள $\frac{\upsilon_o}{\lambda}$ அலைகளின் எண்ணிக்கையின் கூடுதலாகும். (படம் 7.20b) எனவே, ஒலியின் தோற்ற அதிர்வெண்,

$$n' = n + \frac{\upsilon_o}{\lambda}$$

$$= n + \left(\frac{\upsilon_o}{\upsilon}\right) n$$

$$\therefore \quad n' = \left(\frac{\upsilon + \upsilon_o}{\upsilon}\right) n \qquad \ldots(3)$$

$n' > n$ என்பதினால் ஒலியின் சுருதி அதிகரிப்பது போன்று தோன்றும்.

ஓய்வு நிலையிலுள்ள ஒலிமூலத்திலிருந்து கேட்போர் விலகி நகருதல்

$$n' = \left[\frac{\upsilon + (-\upsilon_o)}{\upsilon}\right] n$$

$$n' = \left(\frac{\upsilon - \upsilon_o}{\upsilon}\right) n \qquad \ldots(4)$$

$n' < n$ என்பதினால், ஒலியின் சுருதி குறைவது போன்று தோன்றும்.

குறிப்பு : ஒலிமூலமும் கேட்போரும் ஒரே திசையில் இயங்கும் போது,தோற்ற அதிர்வெண்,

$$n' = \left(\frac{\upsilon - \upsilon_o}{\upsilon - \upsilon_S}\right) n \qquad \ldots(5)$$

ஒலிபரவும் திசையில், w என்ற திசைவேகத்தில் காற்று விசும்போது, தோற்ற அதிர்வெண்,

$$n' = \left(\frac{\upsilon + w - \upsilon_o}{\upsilon + w - \upsilon_s}\right) n \qquad \ldots(6)$$

7.10.3 டாப்ளர் விளைவின் பயன்பாடுகள்

(i) வாகனம் ஒன்றின் வேகத்தை அளவிடுதல்

காவலரின் காரில் (police car) பொருத்தப் பட்டிருக்கும் கருவி ஒன்று மின் காந்த அலையை உமிழும். இந்த அலையானது, இயங்கும் மூலமாகச் (source) செயல்படும் இயங்கும் வாகனத்திலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும். எதிரொளித்த அலையின் அதிர் வெண்ணில் மாற்றம் ஏற்படும். அதிர்வெண்ணின் மாற்றத்திலிருந்து விம்மல்களைப் பயன்படுத்தி, வேகமாகச் செல்லும் வாகனங்களைக் காவலர் கண்டறிவர்.

(ii) துணைக்கோள் ஒன்றை கண்டறிதல்

துணைக்கோள் ஒன்று புவியிலிருந்து வெகுதொலைவிற்குச் செல்லும் போது, அதனால் உமிழப்பட்ட ரேடியோ அலைகளின் அதிர்வெண் குறையும். புவி நிலையத்தால் ஏற்கப்படும் அதிர்வெண்ணையும் நிலையத்தில் உருவாக்கப்படும் அதிர்வெண்ணையும் ஒப்பிட, விம்மல் அதிர்வெண் கிடைக்கும். இதனைக் கொண்டு துணைக்கோளைக் கண்டறியலாம்.

(iii) ரேடார் (RADAR - RADIO DETECTION AND RANGING)

ரேடாரானது, அதிர்வெண் மிக்க ரேடியோ அலைகளை ஆகாய விமானத்தை நோக்கி அனுப்பும். எதிரொளித்து வரும் அலைகளை ரேடார் நிலையத்தில் உள்ள ஏற்பி கண்டறியும். அதிர்வெண்ணில் உள்ள வேறுபாட்டைக் கொண்டு விமானத்தின் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம்.

(iv) சோனார் (SONAR - SOUND NAVIGATION AND RANGING)

கப்பலில் இருந்து ஒலி அலைகள் உருவாக்கப்பட்டு நீரினுள், நெருங்கி வரும் நீர்மூழ்கிக் கப்பலை நோக்கி அனுப்பப்படும். எதிரொலித்த அலைகளின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுவதன் மூலம் நீர்மூழ்கிக் கப்பலின் வேகத்தை சோனார் கருவி மூலம் அறியலாம்.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

7.1 256 Hz அதிர்வெண் உடைய இசைக்கவையொன்று 25 அதிர்வுகளை நிறைவு செய்யும் போது, காற்றில் ஒலி கடந்த தொலைவு யாது? காற்றில் ஒலியின் வேகம் 343 m s^{-1}.

தகவல் : $v = 343\ m\ s^{-1}$, $n = 256\ Hz$, $d = ?$

தீர்வு : $v = n\lambda$

$$\therefore \lambda = \frac{343}{256} = 1.3398\ m$$

அலைநீளம் என்பது இசைக்கவையின் ஒரு முழு அதிர்வில் அலை கடக்கும் தொலைவு ஆகும்.

∴ 25 அதிர்வுகளை நிறைவு செய்யும்போது ஒலி கடந்த தொலைவு

$$= 25 \times 1.3398$$

ஒலி கடந்த தொலைவு $= 33.49\ m$

7.2 வெளவால் ஒன்று, 100 kHz அதிர்வெண் உடைய மீயொலியை உமிழ்கிறது. நீர்ப்பரப்பிலிருந்து ஒலி எதிரொலிக்கப்படுகிறது. எதிரொலித்த மற்றும் ஊடுருவிய ஒலியின் அலைநீளங்களைக் கணக்கிடுக. (காற்றில் ஒலியின் வேகம் $340\ m\ s^{-1}$ மற்றும் நீரில் ஒலியின் வேகம் $1486\ m\ s^{-1}$).

தகவல் : $n = 100\ kHz = 10^5\ Hz$, $v_a = 340\ m\ s^{-1}$, $v_w = 1486\ m\ s^{-1}$;
$\lambda_a = ?$, $\lambda_w = ?$

தீர்வு : எதிரொலித்த ஒலியின் அலை நீளம் $\lambda_a = \frac{v_a}{n}$

$$\lambda_a = \frac{340}{10^5} = 3.4 \times 10^{-3}\ m$$

ஊடுருவிய ஒலியின் அலை நீளம் $\lambda_w = \frac{v_w}{n}$

$$\lambda_w = \frac{1486}{10^5} = 1.486 \times 10^{-2}\ m$$

7.3 50 m நீளமும் 0.5 kg நிறையும் உடைய கம்பி ஒன்று 400 N இழுவிசையுடன் இழுத்துக் கட்டப்பட்டுள்ளது. அதன் வழியே 10 Hz அதிர்வெண் உடைய குறுக்கலை ஒன்று செல்கிறது. (i) அலைத் திசைவேகத்தையும் அலைநீளத்தையும் கணக்கிடுக. (ii) அலை, கம்பியின் மறுமுனையை அடைய ஆகும் காலம் என்ன?

தகவல் : $m = 0.5\ Kg$, கம்பியின் நீளம் $= 50\ m$; $T = 400\ N$; $n = 10\ Hz$
$v = ?$; $\lambda = ?$; $t = ?$

தீர்வு : கம்பியின் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை $m = \frac{\text{கம்பியின் நிறை}}{\text{கம்பியின் நீளம்}}$

$$m = \frac{0.5}{50} = 0.01\ kg\ m^{-1}$$

விறைப்பான கம்பியில் திசைவேகம் $v = \sqrt{\frac{T}{m}}$

$$v = \sqrt{\frac{400}{0.01}} = 200\ m\ s^{-1}$$

$$v = n\lambda$$

$$200 = 10\lambda$$

$$\therefore \quad \lambda = 20\ m$$

கம்பியின் நீளம் $= 50\ m$

$\therefore$ குறுக்கலை, $50\ m$ தொலைவு செல்ல ஆகும் காலம்$= \frac{50}{200} = 0.25\ s$

7.4 0.022×10^{11} Pa பருமக் குணகம் உடைய நீரில் பரவும் 256 Hz அதிர்வெண் உடைய ஒலியின் திசைவேகத்தையும் அலைநீளத்தையும் கணக்கிடுக.

தகவல் : $k = 0.022 \times 10^{11}\ Pa,\ \rho = 1000\ \ kg\ m^{-3},\ n = 256\ Hz$

தீர்வு : நீரில் ஒலியின் திசைவேகம் $v = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$

$$v = \sqrt{\frac{0.022 \times 10^{11}}{1000}} = 1483\ ms^{-1}$$

$$\therefore \lambda = \frac{v}{n} = \frac{1483}{256} = 5.79\ m$$

7.5 27^o C ல் காற்றில் பரவும் நெட்டலையின் வேகத்தைக் கணக்கிடுக.
(காற்றின் மூலக்கூறு நிறை $28.8\ g\ mol^{-1}$ காற்றின் γ மதிப்பு 1.4, R-ன் மதிப்பு $8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$)

தகவல் : $m = 28.8 \times 10^{-3}\ kg\ mol^{-1},\ \gamma = 1.4,$
$R = 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1},\ T = 27^oC = 300\ K$

தீர்வு : $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}}$

$$v = \sqrt{\frac{1.4 \times 8.314 \times 300}{28.8 \times 10^{-3}}}$$

$$= 348.2 \ m \ s^{-1}$$

7.6 NTP-ல் காற்றின் அடர்த்தி 0.001293 g cm^{-3} **(i)** நியூட்டனின் சமன்பாட்டின் படி **(ii)** லாப்லாஸின் திருத்தத்தின் படி, நெட்டலையின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக.

தகவல் :

$\gamma = 1.4$, $P = 1.013 \times 10^5 \ N \ m^{-2}$, $\rho = 0.001293 \times 10^3 \ kg \ m^{-3}$.

தீர்வு : நியூட்டன் சமன்பாட்டின்படி, நெட்டலையின் திசைவேகம்

$$v = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.013 \times 10^5}{0.001293 \times 10^3}}$$

$$v = 279.9 \ m \ s^{-1}$$

லாப்லாஸ் சமன்பாட்டின்படி,

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.4 \times 1.013 \times 10^5}{0.001293 \times 10^3}}$$

$$v = 331.18 \ m \ s^{-1}$$

7.7 27^oC ல் ஒலியின் திசைவேகம் 347 m s^{-1}எனில் 627^o C காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $v_{27} = 347 \ m \ s^{-1}$, $v_{627} = ?$

தீர்வு : $v \ \alpha \ \sqrt{T}$

$$\frac{v_{27}}{v_{627}} = \sqrt{\frac{273+27}{273+627}} = \sqrt{\frac{300}{900}}$$

$$\frac{v_{27}}{v_{627}} = \sqrt{\frac{1}{3}}$$

$$\therefore\ v_{627} = v_{27} \times \sqrt{3} = 347 \times \sqrt{3}$$

$$= 347 \times 1.732 = 601\ m\ s^{-1}$$

627^oC வெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் = $601\ m\ s^{-1}$

7.8 முன்னேறு அலை ஒன்றின் சமன்பாடு y = 0.50 sin (500 t - 0.025x), *y, t* மற்றும் *x* என்பன முறையே cm, s, m-ல் உள்ளன. (i) வீச்சு (ii) கோண அதிர்வெண் (iii) அலைவுக் காலம் (iv) அலைநீளம் (v) அலைபரவும் வேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு : முன்னேறு அலையின் பொதுச் சமன்பாடு

$$y = a\ sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

$$y = 0.50\ sin\ (500\ t - 0.025x)$$

இரண்டு சமன்பாடுகளையும் ஒப்பிட,

(i) வீச்சு $a = 0.50 \times 10^{-2}\ m$

(ii) கோண அதிர்வெண் $\omega = 500\ rad\ s^{-1}$

(iii) அலைவுக் காலம் $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{500} = \frac{\pi}{250} s$

(iv) அலை நீளம் $\lambda = \frac{2\pi}{0.025} m$

$$\lambda = 80\pi = 251.2\ m$$

(v) அலையின் திசைவேகம் $v = n\lambda$

$$= \frac{250}{\pi} \times 80\pi$$

$$v = 2 \times 10^4\ m\ s^{-1}$$

7.9 ஒலிமூலம் ஒன்று 2 watt வீதத்தில் ஆற்றலை அனைத்துத் திசைகளிலும் சீராக வெளிவிடுகிறது. ஒலிமூலத்திலிருந்து 20 m தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் செறிவினை (i) $W\ m^{-2}$ - லும் (ii) டெசிபெலிலும் கணக்கிடுக.

தகவல் : திறன் = $2\ watt,\ r = 20\ m$

தீர்வு : ஒலிச்செறிவு $I = \frac{\text{திறன்}}{\text{பரப்பு}}$

$$I = \frac{2}{4\pi(20)^2}$$

($20\ m$ ஆரமுள்ள கோளகப் பரப்பின் மையத்தில் ஒலி மூலம் உள்ளதாக கருதுக)

$$I = 4 \times 10^{-4}\ W\ m^{-2}$$

$$\text{செறிவு} = 10 \log_{10}\left(\frac{I}{I_o}\right)$$

$$= 10 \log_{10}\left(\frac{4\times10^{-4}}{10^{-12}}\right) \qquad (\because I_o = 10^{-12})$$

$$= 10 \log_{10} (4 \times 10^{8})$$

செறிவு $= 86\ dB$

7.10 A மற்றும் B என்ற இரு இசைக்கவைகள் இணைந்து 4 விம்மல்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட இழுவிசையில் உள்ள் 0.96 m நீளமுள்ள சுரமானிக் கம்பி, இசைக்கவை A-யுடன் ஒத்ததிர்வு பெறுகிறது. அதே இழுவிசையில் உள்ள 0.97 m நீளமுள்ள அதே சுரமானிக் கம்பி, இசைக்கவை B-யுடன் ஒத்ததிர்வு பெறுகிறது. இசைக்கவைகளின் அதிர்வெண்களைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $l_1 = 0.96\ m;\ l_2 = 0.97\ m;\ n_1 = ?;\ n_2 = ?$

$$l_1 < l_2 \qquad \therefore n_1 > n_2$$

தீர்வு : $n_1 = n$ என்க

$$n_2 = n - 4$$

குறுக்கு அதிர்வுகளுக்கான முதல் விதியின்படி

$$n_1 l_1 = n_2 l_2$$

$$n \times 0.96 = (n-4) \times 0.97$$

$$n(0.97 - 0.96) = 3.88$$

$$\therefore \quad n = \frac{3.88}{0.01} = 388\ Hz$$

$$\therefore \quad n_2 = 388 - 4 = 384\ Hz$$

A என்ற இசைக்கவையின் அதிர்வெண் $n_1 = 388\ Hz$,

B என்ற இசைக்கவையின் அதிர்வெண் $n_2 = 384\ Hz$.

7.11 1 m நீளமும் 5×10^{-4} kg நிறையும் உடைய கம்பி ஒன்று 20 N இழுவிசையில் உள்ளது. இரு பிரிவுகளில் கம்பி அதிர்வுற்றால், கம்பியின் அதிர்வின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : கம்பி இரு பிரிவுகளில் அதிர்வடைகிறது.

$P = 2$ பிரிவுகள், $l = 1\ m$, $m = 5 \times 10^{-4}\ kg\ m^{-1}$, $T = 20\ N$

தீர்வு : அதிர்வின் அதிர்வெண் $n = \frac{P}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$

$$\therefore\ n = \frac{2}{2\times1}\sqrt{\frac{20}{5\times10^{-4}}}$$

$$n = 200\ Hz$$

7.12 அலுமினியத்தால் ஆக்கப்பட்ட, விறைப்பாக உள்ள கம்பியொன்று, அதன் அடிப்படை அதிர்வெண்ணான 512 Hz-ல் அதிர்வடைகிறது. அதே பொருளால் ஆக்கப்பட்ட, நீளமும் விட்டமும் முதல் கம்பியைப் போல் இருமடங்காக உள்ள, முதல் கம்பியின் இழுவிசையைப்போல் மும்மடங்கு இழுவிசை உடைய இரண்டாவது கம்பியின் அடிப்படை அதிர்வெண் என்ன?

தகவல் : $n = 512\ Hz$, இரண்டாவது நேர்வின் இழுவிசை = $3T$, நீளம் = $2\,l$, ஆரம் = $2r$

தீர்வு : கம்பியின் நீளம் l எனவும், இழுவிசை T எனவும் ஆரம் r எனவும் கொள்க

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$$

கம்பியின் ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறையை கம்பியின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு மற்றும் அடர்த்தியின் பெருக்குத் தொகையாக எழுதலாம். அதாவது $m = \pi r^2 d$

$$512 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\pi r^2 d}} \qquad ....(1)$$

இரண்டாவது நேர்வில்

$$n = \frac{1}{2\times 2l}\sqrt{\frac{3T}{\pi(2r)^2 d}} \qquad ....(2)$$

சமன்பாடு (2)-ஐ (1) ஆல் வகுக்க

$$\frac{n}{512} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3}{(2)^2}}\ \text{(அல்லது)}\ n = \frac{512}{4}\sqrt{3} = 222\ Hz$$

7.13 மூடிய குழாயின் மூன்றாவது மேற்சுரம், திறந்த குழாயின் முதல் மேற்சுரத்துடன் ஒருங்கமைகிறது. குழாய்களின் நீளங்களின் தகவு யாது?

தகவல் : l_1 மற்றும் l_2 என்பன மூடிய மற்றும் திறந்த குழாய்களின் நீளங்கள் எனக் கொள்க. n_1 மற்றும் n_2 என்பன அவைகளின் அடிப்படை அதிர்வெண்கள் என்க.

மூடிய குழாயில், $n_1 = \frac{v}{4l_1}$

திறந்த குழாயில், $n_2 = \frac{v}{2l_2}$

மூடிய குழாயின் மூன்றாவது மேற்சுரம்

$$= (2P + 1)\ n_1 = (2 \times 3 + 1)\ n_1 = 7n_1$$

திறந்த குழாயின் முதல் மேற்சுரம் $= (P + 1)\ n_2 = (1 + 1)\ n_2 = 2n_2$

$$\therefore\ 7n_1 = 2n_2$$

$$7 \times \frac{v}{4l_1} = 2 \times \frac{v}{2l_2}$$

$$\therefore\quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{7}{4}$$

7.14 256 Hz அதிர்வெண் உடைய இசைக்கவையுடன் ஒத்ததிரும் காற்றுத் தம்பத்தின் மிகச்சிறிய நீளம் 32 cm. 384 Hz அதிர்வெண் உடைய மற்றொரு இசைக்கவையுடன் ஒத்ததிரும் காற்றுத்தம்பத்தின் மிகச்சிறிய நீளம் 20.8 cm முனைத் திருத்தத்தையும் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தையும் கணக்கிடுக.

தகவல் : $n_1 = 256\ Hz,\ l_1 = 32 \times 10^{-2}\ m$

$$n_2 = 384\ Hz,\ l_2 = 20.8 \times 10^{-2}\ m$$

தீர்வு : மூடிய குழாயில் $n = \frac{v}{4(l+e)}$

முதல் இசைக்கவைக்கு,, $256 = \frac{v}{4(32+e)\times 10^{-2}}$

இரண்டாவது இசைக்கவைக்கு, $384 = \frac{v}{4(20.8+e)\times 10^{-2}}$

முதல் சமன்பாட்டை இரண்டாவது சமன்பாட்டால் வகுக்க,

$$\frac{256}{384} = \frac{20.8+e}{32+e}$$

$$\therefore\quad e = 1.6\ cm.$$

$$v = 256 \times 4\ (32 + 1.6) \times 10^{-2}$$

காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் $v = 344\ m\ s^{-1}$

7.15 இரயில் எஞ்சின் ஒன்றும் கார் ஒன்றும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக, முறையே 144 km/hr மற்றும் 72 km/hr திசைவேகங்களுடன் எதிரெதிர்த் திசையில் இயங்குகின்றன. எஞ்சினின் ஊதல் ஒலியின் அதிர்வெண் 500 Hz மற்றும்

ஒலியின் திசைவேகம் 340 m s^{-1}. **(i)** காரும் எஞ்சினும் ஒன்றையொன்று நெருங்கும் போதும் **(ii)** இரண்டும் ஒன்றையொன்று விட்டு விலகிச் செல்லும் போதும், காரிலிருந்து கேட்கக் கூடிய ஒலியின் அதிர்வெண்களைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : ஒலி மூலத்தின் திசைவேகம் $v_S = 144\ km/hr$

கேட்போரின் திசைவேகம் $v_o = 72\ km/hr$

$v = 340\ m\ s^{-1}$, $n = 500\ Hz$

தீர்வு : *(i)* காரும் எஞ்சினும் ஒன்றையொன்று நெருங்கும் போது :

$$n' = \left(\frac{v + v_o}{v - v_S}\right)n$$

$$v_S = \frac{144 \times 10^3}{60 \times 60} = 40\ m\ s^{-1}$$

$$v_o = \frac{72 \times 10^3}{60 \times 60} = 20\ m\ s^{-1}$$

$$\therefore\ n' = \frac{340 + 20}{340 - 40} \times 500$$

கேட்கக் கூடிய ஒலியின் அதிர்வெண் = *600 Hz*

(ii) காரும் எஞ்சினும் ஒன்றையொன்று விட்டு விலகிச் செல்லும் போது :

$$n'' = \left(\frac{v - v_o}{v + v_S}\right)n$$

$$= \frac{340 - 20}{340 + 40} \times 500$$

கேட்கக் கூடிய ஒலியின் அதிர்வெண் = *421 Hz*

தன் மதிப்பீடு

(இந்தத் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பொருளிலிருந்து எந்தவொரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக்கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்.)

7.1 குறிப்பிட்ட ஒரு கணத்தில், நெட்டலையில் பெரும இறுக்கம் ஏற்படுகிறது. அலையின் அதிர்வெண் 50 Hz. இந்தப் பெரும இறுக்கம், பெருமத் தளர்ச்சியாக மாறும் காலம்

(a) 0.01 s (b) 0.002 s

(c) 25 s (d) 50 s

7.2 256 Hz அதிர்வெண் உடைய ஒலி ஊடகம் ஒன்றின் வழியே பரவுகிறது. பெரும இடப்பெயர்ச்சி 0.1 m எனில் பெருமத் திசைவேகம்

(a) 60π m s^{-1} (b) 51.2π m s^{-1}

(c) 256 m s^{-1} (d) 512 m s^{-1}

7.3 வாயுவில் ஒலியின் திசைவேகத்தைப் பாதிக்காதது எது?

(a) வெப்பநிலை (b) அழுத்தம்

(c) நிறை (d) தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள்.

7.4 ஒரு ஊடகத்திலிருந்து மற்றொரு ஊடகத்திற்கு அலை பரவும்போது, மாறக்கூடியது

(a) அதிர்வெண்ணும் திசைவேகமும்

(b) அதிர்வெண்ணும் அலைநீளமும்

(c) அலைநீளமும் திசைவேகமும்

(d) அதிர்வெண், அலைநீளம் மற்றும் திசைவேகம்.

7.5 ஒலிமூலத்திலிருந்து அலைகள் அனைத்துத் திசைகளிலும் பரவுகின்றன. ஒலிமூலத்திலிருந்து 9 m மற்றும் 25 m தொலைவுகளில் வீச்சின் தகவு என்ன?

(a) 25 : 9 (b) 9: 25

(c) 3 : 5 (d) 81 : 625

7.6 இரு ஒலிகளின் செறிவு அளவுகள் 100 dB மற்றும் 50 dB எனில், அவற்றின் செறிவுகளின் தகவு

(a) 10^1 (b) 10^5

(c) 10^3 (d) 10^{10}

7.7 $y_1 = a \sin 2000 \pi t$ மற்றும் $y_2 = a \sin 2008 \pi t$ என்ற இரு அலைகள் ஏற்படுத்தும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை

(a) 0 (b) 1

(c) 4 (d) 8

7.8 விறைப்பான கம்பியொன்றின் அடிப்படை அதிர்வெண்ணை 100 Hz -லிருந்து 400 Hz -ஆக அதிகரிக்க இழு விசை எத்தனை மடங்கு அதிகரிக்கப்பட வேண்டும்?

(a) 2 மடங்கு (b) 4 மடங்கு

(c) 8 மடங்கு (d) 16 மடங்கு

7.9 2 m நீளமுள்ள மூடிய குழாயில் ஏற்படும் முதல் மேற்சுரமும் திறந்த குழாயில் ஏற்படும் இரண்டாவது மேற்சுரமும் சம அதிர்வெண் உடையன எனில், திறந்த குழாயின் நீளம்

(a) 2 m (b) 4 m

(c) 0.5 m (d) 0.75 m

7.10 150 Hz அதிர்வெண் உடைய ஒலியை ஏற்படுத்தும் ஒலிமூலம் கேட்போர் ஒருவரை நோக்கி 110 m s^{-1}திசைவேகத்துடன் நகருகிறது. ஒலியின் திசைவேகம் 330 m s^{-1} எனில் கேட்போர் கேட்கும் ஒலியின் அதிர்வெண்,

(a) 225 Hz (b) 200 Hz

(c) 150 Hz (d) 100 Hz

7.11 அலையியக்கம் வரையறு. அலை பரவும் ஊடகத்தின் பண்புகள் யாவை?

7.12 அலையியக்கத்தின் முக்கியப் பண்புகள் யாவை?

7.13 குறுக்கலைகளையும் நெட்டலைகளையும் வேறுபடுத்துக.

7.14 திடப் பொருள்களில் குறுக்கலையும் நெட்டலையும் பரவும். ஆனால் வாயுக்களில் குறுக்கலைகள் பரவ முடியாது. ஏன்?

7.15 அலையியக்கத்தின் அலைநீளத்தையும் அதிர்வெண்ணையும் வரையறு. $v = n\lambda$ என மெய்ப்பிக்கவும்.

7.16 விறைப்பான கம்பியொன்று அடிப்படை அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும் போது, குறுக்கலையின் திசைவேகத்திற்கான சமன்பாட்டினைப் பெறுக.

7.17 வாயுக்களில் ஒலியின் திசைவேகத்திற்கான நியூட்டன் லாப்லாஸ் சமன்பாட்டினை வருவி.

7.18 ஒவ்வொரு டிகிரி வெப்பநிலை உயர்விற்கும் ஒலியின் திசைவேகமானது 0.61 m s^{-1} அதிகரிப்பதை மெய்ப்பிக்கவும்.

7.19 மழை பெய்யும் நாளில் ஒலி, வேகமாகச் செல்கிறது. ஏன்?

7.20 சமதள முன்னேறு அலையின் சமன்பாட்டை வருவி.

7.21 ஒலியின் செறிவையும் உரப்பையும் வேறுபடுத்துக.

7.22 டெசிபெல் என்பது பற்றி நீவீர் அறிந்தது என்ன?

7.23 ஒலியின் செறிவு எக்காரணிகளைச் சார்ந்தது?

7.24 எதிரொலி என்றால் என்ன? சிறிய அறை ஒன்றில் எதிரொலி ஏற்படாது. ஏன்?

7.25 மெதுவாகப் பேசும் கூடம் பற்றி குறிப்பெழுதுக.

7.26 மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைக் கூறுக.

7.27 விம்மல்கள் உருவாகத் தேவையான நிபந்தனைகள் யாவை?

7.28 விம்மல்கள் என்றால் என்ன? ஒரு நொடியில் உருவாகும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை, அதிர்வெண்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமம் எனக் காட்டுக.

7.29 ஒலி அலைகளின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்றால் என்ன? குறுக்கீட்டு விளைவை விளக்கும் சோதனையை விவரி.

7.30 நிலையான அலைகள் எவ்வாறு உருவாகின்றன?

7.31 நிலையான அலையின் சமன்பாட்டினை வருவி. கணுக்கள் மற்றும் எதிர்கணுக்கள் உருவாக நிபந்தனைகளைப் பெறுக.

7.32 நிலையான அலைகளின் பண்புகள் யாவை?

7.33 அதிர்வடையும் கம்பியின் குறுக்கதிர்வு விதிகளைக் கூறுக.

7.34 முன்னேறு அலைக்கும் நிலையான அலைக்கும் உள்ள வேறுபாடுகளைக் கூறுக.

7.35 மேற்சுரங்கள் மற்றும் சீரிசைகள் என்பவை யாவை?

7.36 புல்லாங்குழல் செய்வதற்கு திறந்த ஆர்கன் குழாய் சிறந்தது. ஏன்?

7.37 மூடிய ஆர்கன் குழாயில், சீரிசைகளின் அதிர்வெண்கள் 1 : 3 : 5 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன என மெய்ப்பிக்கவும்.

7.38 திறந்த ஆர்கன் குழாயில் மேற்சுரங்கள் உருவாவதை விளக்குக. திறந்த குழாயில் அனைத்து சீரிசைகளும் ஏற்படுவதைக் காட்டுக.

7.39 முனைத் திருத்தம் என்றால் என்ன?

7.40 டாப்ளர் விளைவு என்றால் என்ன? **(i)** ஒலிமூலம் கேட்போரை நெருங்கும் போது அல்லது விட்டு விலகிச் செல்லும் போது, **(ii)** கேட்போர் ஒலி மூலத்தை நெருங்கும் போது அல்லது விட்டு விலகிச் செல்லும் போது அதிர்வெண் மாற்றத்தின் சமன்பாடுகளை வருவி.

கணக்குகள்

7.41 0.60 cm நீளமுள்ள அலை, காற்றில் $340\ m\ s^{-1}$ திசைவேகத்தில் பரவுகிறது. மனிதச் செவி அதனை உணருமா?

7.42 நீரில் ஒலியின் திசைவேகம் $1480\ m\ s^{-1}$ நீரிலும் காற்றிலும் அதன் அலைநீளம் சமமெனில் நீரில் அலையின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக. (காற்றில்

அலையின் அதிர்வெண் 1000 Hz மற்றும் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் 340 m s^{-1}).

7.43 ஹைடிரஜன் $\left(\gamma = \frac{7}{5}\right)$ மற்றும் ஹீலியத்தில் $\left(\gamma = \frac{5}{3}\right)$ ஒலியின் திசைவேகத் தகவினைக் கணக்கிடுக (இரண்டிலும் வெப்பநிலை சமம்).

7.44 $y = 10 \sin \pi (2t - 0.01x)$ என்பது முன்னேறு அலை ஒன்றின் சமன்பாடு. y மற்றும் x மீட்டரிலும் t நொடியிலும் அளக்கப்படுகின்றன. (i) வீச்சு (ii) அதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளம் (iii) அலைத் திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

7.45 அதிகப்படுத்தப்பட்ட செறிவின் காரணி 60 எனில், ஒலியின் அளவு எத்தனை டெசிபெல் அதிகமாகும்?

7.46 ஒலிமூலம் ஒன்றிலிருந்து தோன்றும் இரு அலைகள் இரு வேறு பாதைகள் வழியே சென்று ஒரு புள்ளியில் மேற்பொருந்துகின்றன. ஒலிமூலம் 1 kHz-ல் அதிர்வுறுகிறது. இரு அலைகளில் ஒன்று, மற்றொன்றை விட 83cm அதிக தொலைவு செல்கிறது. காற்றில் ஒலியின் திசைவேகம் 332 m s^{-1} எனில் குறுக்கீட்டு விளைவின் தன்மை யாது?

7.47 சுரமானிக் கம்பியின் நீளங்கள் 1m மற்றும் 1.05m உள்ளபோது சுரமானியும் இசைக்கவையும் நொடிக்கு 5 விம்மல்களை உருவாக்குகின்றன. இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக.

7.48 1.2 m நீளமும் 9.8 N இழுவிசையுடனும் உள்ள எஃகுக் கம்பி ஒன்று 240 Hz அதிர்வெண்ணில் ஐந்து பிரிவுகளில் ஒத்ததிர்கிறது. கம்பியின் நிறை என்ன?

7.49 அடிப்படை அதிர்வெண்களின் விகிதம் 1 : 3 : 4 என்றிருக்குமாறு, 114 cm நீளமுள்ள கம்பியை எவ்வாறு மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்?

7.50 திறந்த ஆர்கன் குழாயின் அடிப்படை அதிர்வெண் 240 Hz. மூடிய ஆர்கன் குழாயின் முதல் மேற்சுரமும் திறந்த ஆர்கன் குழாயின் முதல் மேற்சுரமும் சம அதிர்வெண் உடையன எனில், ஒவ்வொரு குழாயின் நீளம் என்ன? அறை வெப்ப நிலையில் ஒலியின் திசைவேகம் 350 ms^{-1} எனக் கொள்க.

7.51 800 Hz அதிர்வெண் உடைய இசைக்கவை ஒன்று ஒத்ததிர்வுக் காற்றுத்தம்பக் கருவியுடன் ஒத்ததிர்கிறது. அடுத்தடுத்த ஒத்ததிர்வு நீளங்கள் 9.75 cm மற்றும் 52.75 cm எனில் காற்றில் ஒலியின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக.

7.52 சைகைக் காட்டியில் நின்று கொண்டிருக்கும் இரயில் வண்டி ஒன்று 256 Hz அதிர்வெண் உடைய ஊதல் ஒலியை எழுப்புகிறது. இரயில் வண்டி (i) நிலையத்தை 40 ms^{-1} வேகத்தில் நெருங்கும் போதும் (ii) நிலையத்தை விட்டு 40 m s^{-1} வேகத்தில் விலகிச் செல்லும் போதும் நிலையத்தில் ஓய்வு நிலையில் இருக்கும் ஒருவர் கேட்கக்கூடிய ஒலியின் அதிர்வெண்களைக் கணக்கிடுக.

7.53 480 Hz அதிர்வெண் உடைய ஊதல் ஒன்று 1.25 m ஆரமுடைய வட்டப்பாதையில் 16.0 rad s^{-1} கோண வேகத்தில் சுற்றிவருகிறது. வட்டத்தின் மையத்தைப் பொருத்து தொலைவில் உள்ள கேட்போர் ஒருவர் கேட்கக்கூடிய மிகக் குறைந்த மற்றும் மிக அதிக அதிர்வெண்கள் யாவை? (ஒலியின் திசைவேகம் 340 m s^{-1})

7.54 A மற்றும் B என்ற இரு இசைக்கவைகள் இணைந்து நொடிக்கு 4 விம்மல்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. 15 cm நீளமுள்ள மூடிய காற்றுத் தம்பத்துடன் இசைக்கவை A ஒத்ததிர்கிறது. 30.5 cm நீளமுள்ள திறந்த காற்றுத் தம்பத்துடன் இசைக்கவை B ஒத்ததிர்கிறது. இசைக்கவைகளின் அதிர்வெண்களைக் கணக்கிடுக.

விடைகள்

7.1 (a) **7.2** (b) **7.3** (b) **7.4** (c)

7.5 (a) **7.6** (b) **7.7** (c) **7.8** (d)

7.9 (b) **7.10** (a)

7.41 5.666×10^{4} Hz, செவி உணராது

7.42 4353 Hz

7.43 1.833

7.44 10 m, 1 Hz, 200 m, 200 ms^{-1}

7.45 18 dB

7.46 π-யின் ஒற்றைப்படையாக இருப்பதால் அழித்தல் குறுக்கீடு.

7.47 205 Hz

7.48 7.38×10^{-4} kg

7.49 72×10^{-2} m, 24×10^{-2} m, 18×10^{-2} m

7.50 54.7×10^{-2} m, 72.9×10^{-2} m

7.51 344 m s^{-1}

7.52 290 Hz, 229 Hz

7.53 510 Hz, 453 Hz

7.54 240 Hz, 244 Hz

8. வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும்

முற்காலங்களில் கலோரிக் கொள்கையின்படி, வெப்பமானது கண்ணுக்குப் புலப்படாத எடையற்ற பாய்மமாகக் கருதப்பட்டது. அப்பாய்மம் 'கலோரிக்' என்று அழைக்கப்பட்டது. வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ள இரு பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் போது அவை கலோரிக்கை தங்களிடையே பரிமாறிக் கொள்வதன் மூலம் வெப்பச் சமநிலையை அடைகின்றன. அவ்விரண்டு பொருள்களும் சமவெப்பநிலையை அடையும் வரை கலோரிக் ஆனது உயர்ந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்குப் பாய்கிறது. ஆனால் இக்கொள்கை கோர்ட் ரம்போர்டு **(Court Rumford)** நடத்திய சோதனைகளில். உராய்வினால் உண்டாகக் கூடிய வெப்ப ஆற்றலை விளக்கத் தவறியது. நம்முடைய கைகளை ஒன்றையொன்று தேய்க்கும் போது வெப்பம் உண்டாகிறது. ஜூலின் துடுப்புச் சக்கரச் (paddle wheel experiment) சோதனையிலிருந்து, உராய்வினால் வெப்பம் உண்டாகும் என்பது தெரியவந்தது. இக்காட்சிப்பதிவுகள் வெப்ப இயக்கவியல் கொள்கைக்கு வழிவகுத்தன. வெப்ப இயக்கவியற் கொள்கையின் படி *வெப்பம் ஒரு ஆற்றலாக கருதப்பட்டு வெப்ப ஆற்றல்* என அழைக்கப்படுகிறது.

ஒவ்வொரு பொருளும் மூலக்கூறுகளால் ஆனது. பொருளின் தன்மையையும், வெப்பநிலையையும் பொருத்து, இம் மூலக்கூறுகள், நேர்க்கோட்டு இயக்கம், அதிர்வியக்கம், அதன் அச்சைப் பற்றி சுழற்சி இயக்கம் ஆகியவற்றைப் பெற்றிருக்கலாம். ஒவ்வொரு வகை இயக்கமும் மூலக்கூறுகளுக்கு சிறிதளவு இயக்க ஆற்றலைத் தருகிறது. இவ்வாறு பொருளில் அமைந்த அனைத்து மூலக்கூறுகளும் பெற்றுள்ள இயக்க ஆற்றல்களின் கூடுதல் அப்பொருளின் மொத்த வெப்ப ஆற்றலைத் தருகிறது.

ஒரு பொருள் எந்த அளவிற்குச் சூடாக அல்லது குளிர்ச்சியாக உள்ளது என்பதைக் காட்டுவது அதன் வெப்பநிலை ஆகும். பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலையில் உள்ள பொருளுக்கு வெப்ப ஆற்றல் பாய்கிறது. வெப்பநிலை பற்றிய தற்காலக் கருத்துக்கள் வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியிலிருந்து (Zeroth law of thermodynamics) பெறப்படுகின்றன. *வெப்ப ஆற்றல் பாயும் திசையை தீர்மானிக்கும் ஒரு பொருளின் வெப்பம் சார்ந்த நிலை அதன் வெப்பநிலை எனப்படும்.* வெப்பநிலை என்பது இப்போது ஒரு அடிப்படை அளவாக கருதப்படுகிறது.

8.1 வாயுவின் இயக்கவியற் கொள்கை

நவீன வெப்ப இயக்கவியற் கொள்கையை நிறுவியவர் என பொதுவாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டவர் டேனியல் பெர்னௌளி **(Daniel Bernoulli)** ஆவார். ஆனால் இக் கொள்கைக்கு ஒரு உறுதியான கணித அடிப்படையை அளித்து தற்போதைய வடிவத்தை அமைத்தவர்கள் என்ற பெருமை கிளாசியஸ் **(Clausius)** மற்றும் மேக்ஸ்வெல் **(Maxwell)** என்பவர்களைச் சாரும்.

8.1.1. வாயுவின் இயக்கவியற்கொள்கையின் எடுகோள்கள்

1. ஒரு வாயு மிகப் பெரும் எண்ணிக்கையிலமைந்த மூலக் கூறுகளால் ஆனது. ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் முழுதும் ஒத்த மீட்சித்திறம் கொண்ட கோளம் ஆகும்.

2. வாயுவின் மூலக்கூறுகள் தொடர்ச்சியான ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தில் உள்ளன. அவை பல்வேறுபட்ட திசைவேகங்களுடன் அனைத்துத் திசைகளிலும் இயங்குகின்றன.

3. வாயுவின் மூலக்கூறுகளின் இடையே உள்ள தொலைவை நோக்க ஒரு மூலக்கூறின் பருமன் மிகச்சிறியது. எனவே வாயுவின் பருமனை நோக்க மூலக்கூறின் பருமன் புறக்கணிக்கத்தக்கது.

4. வாயுவின் மூலக்கூறுகளுக்கும் வாயு வைக்கப்பட்டுள்ள கொள்கலனின் சுவர்களுக்கும், இடையில் கவர்ச்சி விசையோ அல்லது விலக்கு விசையோ இல்லை.

5. மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே ஏற்படும் மோதல்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகள் கொள்கலனின் சுவர்கள் மீது ஏற்படுத்தும் மோதல்கள், முழு மீட்சி மோதல்கள் ஆகும். எனவே மோதல்களின் போது மூலக்கூறுகளின் உந்தம் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் மாறாமல் உள்ளன.

6. இரு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கு இடையில் ஒரு மூலக்கூறு நேர்க்கோட்டில் செல்கிறது. மூலக்கூறு ஒன்று அடுத்தடுத்த இரு மோதல்களுக்கிடையே கடக்கும் சராசரித் தொலைவு ''சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு'' எனப்படுகிறது.

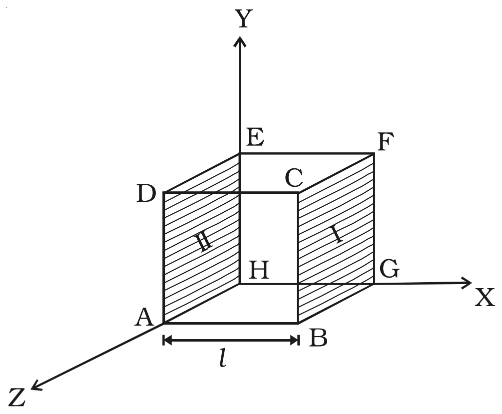
7. மோதல்கள் மிகக் குறுகிய காலங்களிலேயே நடைபெறுகின்றன. அதாவது இரு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கு இடைப்பட்ட நேரத்தை நோக்க, மோதலுறும் நேரம் புறக்கணிக்கத்தக்கது.

அவகட்ரோ எண்

ஒரு மோல் அளவுள்ள பொருளில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை அவகட்ரோ எண் எனப்படும். அனைத்துப் பொருள்களுக்கும் மாறாத எண்ணான இதன் மதிப்பு 6.023×10^{23} ஆகும்.

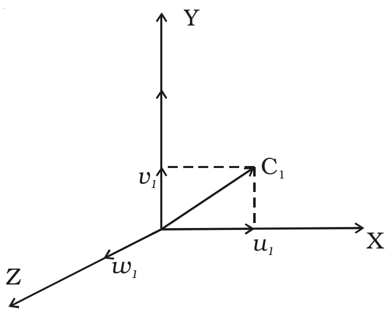
8.1.2. வாயு ஏற்படுத்தும் அழுத்தம்

ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறுகள் ஒரு கட்டுப்பாடற்ற இயக்கநிலையில் உள்ளன. அவை கொள்கலனின் சுவர்களின் மீது தொடர்ந்து மோதுகின்றன. ஒவ்வொரு மோதலின் போதும் கொள்கலனின் சுவர்களுக்கு உந்தம் மாற்றப்படுகிறது. மூலக்கூறுகள் சுவர்களின் மீது தொடர்ந்து மோதுவதால் வாயுவின் அழுத்தம் உண்டாகிறது. இவ்வாறு தொடர்ந்து நடைபெறும் மோதல்களால் கொள்கலனின் சுவர்கள் உணரும் விசை, ஓரலகுக் காலத்தில் சுவர்களுக்கு அளிக்கப்படும் மொத்த உந்தத்திற்குச் சமம். கொள்கலனின் சுவர்களில் ஓரலகுப் பரப்பில் உணரப்படும் விசை வாயுவின் அழுத்தத்தைத் தருகிறது.



படம் 8.1 வாயு ஏற்படுத்தும் அழுத்தம்

இயல்பு வாயு ஒன்றை உள்ளடக்கிய 'l' பக்கம் கொண்ட ஒரு கன சதுரக் கலன் ஒன்றைக் கருதுவோம். வாயுவில் உள்ள மூலக்கூறுகள் எண்ணிக்கை 'n' எனவும். மூலக்கூறுகள் C_1, C_2, C_3 ... C_n என்ற திசைவேகங்களில் இயங்குவதாகவும் கருதுவோம் (படம் 8.1). C_1 திசைவேகத்தில் இயங்கும் ஒரு மூலக்கூறானது x, y, z அச்சு திசைகளில் முறையே u_1, v_1, w_1 என்ற கூறுகளைப் பெற்றிருக்கும். இதேபோல் இரண்டாவது மூலக்கூறின் திசைவேகக் கூறுகள் u_2, v_2 மற்றும் w_2. இதேபோன்று மற்ற மூலக்கூறுகளும் திசைவேகக் கூறுகளைப் பெற்றிருக்கும். C_1 திசைவேகம் கொண்ட P என்ற மூலக்கூறு X அச்சுக்கு செங்குத்தாக உள்ள I *(BCFG)* என்று குறிப்பிடப்பட்டுள்ள சுவரின் மீது மோதட்டும். மூலக்கூறின் திசைவேகத்தின் X கூறு மட்டுமே. அச்சுவருக்கு பொருத்தமானதாக இருக்கும். எனவே மோதலுக்கு முன் மூலக்கூறின் உந்தம் $=mu_1$ ஆகும். இதில் 'm' என்பது மூலக்கூறின் நிறையாகும்.



படம் 8.2 திசைவேகக் கூறுகள்

இந்த மோதல் ஒரு மீட்சி மோதல் ஆகையால் மூலக்கூறு u_1 என்ற திசைவேகத்துடன் எதிர்த்திசையில் மீண்டெழும். எனவே மோதலுக்குப் பின் மூலக்கூறின் உந்தம் $= -mu_1$

மூலக்கூறின் உந்த மாறுபாடு = இறுதி உந்தம் – தொடக்க உந்தம்
$= -mu_1 - mu_1 = -2mu_1$

பக்கம் I மீது ஏற்படுத்தும் ஒவ்வொரு அடுத்தடுத்த மோதலின் போதும் ஒரு மூலக்கூறு பக்கம் I-லிருந்து பக்கம் II-க்குச் சென்று மீண்டும் பக்கம் I–க்கு வருவதன் மூலம் $2l$ தொலைவைக் கடக்க வேண்டியுள்ளது.

இரு அடுத்தடுத்த மோதல்களுக்கு இடைப்பட்ட நேரம் $= \frac{2l}{u_1}$

$\therefore$ உந்தமாறுபாட்டு வீதம் $= \frac{\text{உந்தமாறுபாடு}}{\text{எடுத்துக்கொண்ட காலம்}}$

$$= \frac{-2mu_1}{\frac{2l}{u_1}} = \frac{-2mu_1^2}{2\,l} = \frac{-mu_1^2}{l}$$

அதாவது, மூலக்கூறு மீது செயல்படும் விசை $= \frac{-mu_1^2}{l}$

$\therefore$ நியூட்டனின் மூன்றாவது இயக்க விதிப்படி,

மூலக்கூறு ஏற்படுத்தும் விசை $= -\frac{\left(-mu_1^2\right)}{l} = \frac{mu_1^2}{l}$

அனைத்து 'n' மூலக்கூறுகளும் ஏற்படுத்தும் விசை

$$F_x = \frac{mu_1^2}{l} + \frac{mu_2^2}{l} + ... + \frac{mu_n^2}{l}$$

மூலக்கூறுகள் ஏற்படுத்தும் அழுத்தம் $P_x = \frac{F_x}{A}$

$$= \frac{1}{l^2}\left(\frac{mu_1^2}{l} + \frac{mu_2^2}{l} + ... + \frac{mu_n^2}{l}\right)$$

$$= \frac{m}{l^3}\left(u_1^2 + u_2^2 + ... + u_n^2\right)$$

இதேபோல் Y மற்றும் Z அச்சுத் திசைகளில் மூலக்கூறுகள் ஏற்படுத்தும் அழுத்தங்கள் முறையே

$$P_y = \frac{m}{l^3}\left(v_1^2 + v_2^2 + ... + v_n^2\right)$$

$$P_z = \frac{m}{l^3}\left(w_1^{\,2} + w_2^{\,2} + ...+w_n^{\,2}\right)$$

வாயுவானது கொள்கலனின் சுவர்கள் மீது சம அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துவதால் $P_x = P_y = P_z = P$

$$P = \frac{P_x + P_y + P_z}{3}$$

$$P = \frac{1}{3}\frac{m}{l^3}[(u_1^2 + u_2^2 + ... + u_n^2) + (v_1^2 + v_2^2 + ... + v_n^2) + (w_1^2 + w_2^2 + ... + w_n^2)]$$

$$P = \frac{1}{3}\frac{m}{l^3}[(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2) + (u_2^2 + v_2^2 + w_2^2) + . . . \\ ...... + (u_n^2 + v_n^2 + w_n^2)] = \frac{1}{3}\frac{m}{l^3}[C_1^{\,2} + C_2^{\,2} + ... + C_n^{\,2}]$$

இங்கு, $C_1^{\,2} = (u_1^2 + v_1^2 + w_1^2)$

$$= \frac{1}{3}\frac{m\,n}{l^3}\left[\frac{C_1^{\,2} + C_2^{\,2} + ... + C_n^{\,2}}{n}\right]$$

$$P = \frac{1}{3}\frac{mn}{V}\,.\,C^2$$

'C' என்பது தனித்தனி மூலக்கூறுகளின் இருமடிமூலச் சராசரி இருமடித் திசைவேகம் (RMS) ஆகும்.

அதாவது $C = \sqrt{\dfrac{C_1^{\,2} + C_2^{\,2} + ... + C_n^{\,2}}{n}}$

8.1.3 வாயுவின் அழுத்தத்திற்கும் ஓரலகு பருமனுக்கான வாயுவின் நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தின் சராசரி இயக்க ஆற்றலுக்குமான தொடர்பு.

ஓரலகு பருமன் கொண்ட வாயுவின் அழுத்தம் $P = \frac{1}{3}mnC^2$

$P = \frac{1}{3}\rho C^2$ ($\because$ mn = ஓரலகு பருமன் கொண்ட வாயுவின் நிறை)

(mn = ρ, வாயுவின் அடர்த்தி)

ஓரலகு பருமன் கொண்ட வாயுவின் நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

$$E = \frac{1}{2} \rho C^2$$

$$\frac{P}{E} = \frac{\frac{1}{3} \rho C^2}{\frac{1}{2} \rho C^2} = \frac{2}{3}$$

$$P = \frac{2}{3} E$$

8.1.4 வாயுவின் மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல்

நிறை M, பருமன் V கொண்ட 1 மோல் அளவுள்ள வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம்.

$$P = \frac{1}{3} \rho C^2$$

$$P = \frac{1}{3} \frac{M}{V} C^2$$

$$PV = \frac{1}{3} MC^2$$

வாயு சமன்பாட்டின் படி,

$$PV = RT$$

$$\therefore \quad RT = \frac{1}{3} MC^2$$

$$\frac{3}{2} RT = \frac{1}{2} MC^2$$

$\therefore$ ஒரு மோல் வாயுவின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் = $\frac{3}{2}$RT

ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவில் N அணுக்கள் உள்ளதால் (N என்பது அவகட்ரோ எண்) $M = Nm$ ஆகும்.

$$\therefore \frac{1}{2} mNC^2 = \frac{3}{2} RT$$

$$\frac{1}{2} mC^2 = \frac{3}{2} \frac{R}{N} T = \frac{3}{2} kT$$ { $k = \frac{R}{N}$ = போல்ட்ஸ்மேன் மாறிலி}

($k = 1.38 \times 10^{-23}$ J K^{-1})

∴ வாயுவின் மூலக்கூறு ஒன்றிற்கான சராசரி இயக்க ஆற்றல் $\frac{3}{2}\ kT$

இதிலிருந்து ஒரு வாயு மூலக்கூறின் சராசரி நேர்க்கோட்டு இயக்க ஆற்றலின் அளவையாக அதன் வெப்ப நிலை உள்ளது என்பது தெரிகிறது.

8.2 உரிமைப்படிகள்

இயங்கும் தொகுதி ஒன்றின் உரிமைப்படிகள் என்பது அதன் நிலையையும். மற்றும் அமைப்பையும் விளக்கத் தேவையான ஆயத்தொலைவுகள் அல்லது தனிப்பட்ட அளவைகளின் மொத்த எண்ணிக்கையாகும்.

நேர்க்கோட்டு இயக்கத்திற்கு உரிமைப்படிகள்

1. ஏதேனும் ஒரு அச்சிற்கு இணையாக ஒரு கோட்டில் இயங்கும் துகள் ஒன்று பெற்றுள்ள உரிமைப் படியின் எண்ணிக்கை ஒன்று ஆகும். எடுத்துக்காட்டு : அலைவுறும் தனி ஊசலின் ஊசல் குண்டு.

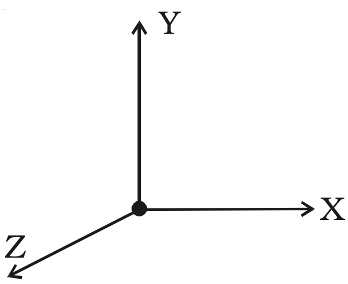
2. ஒரு சமதளத்தில் (X மற்றும் Y அச்சுகள்) இயங்கும் ஒரு துகள், இரண்டு உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளது. எடுத்துக்காட்டு : தரையில் நகரும் ஒரு எறும்பு.

3. வெளி (space) ஒன்றில் இயங்கும் ஒரு துகள் (X, Y, Z அச்சுகள்) மூன்று உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளது. எடுத்துக்காட்டு : பறக்கும் பறவை.

ஒரு புள்ளி நிறை (point mass) சுழற்சி இயக்கத்தைப் பெறமுடியாது. ஆனால் அது நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தை மட்டும் பெறமுடியும். வரையறுக்கப்பட்ட நிறை கொண்ட ஒரு திண்மப் பொருள். சுழற்சி இயக்கம் மற்றும் நேர்க்கோட்டு இயக்கங்களைப் பெற்றுள்ளது. நேர்க்கோட்டு இயக்கம் 3 உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளது. வெளியில் (space) சுழற்சி இயக்கமும் மூன்று உரிமைப் படிகளைப் பெற்றுள்ளது. எனவே, ஒரு திண்மப் பொருள் மொத்தம் ஆறு உரிமைப்படிகளைப் பெற்றிருக்கும்.

8.2.1 ஓரணு மூலக்கூறு

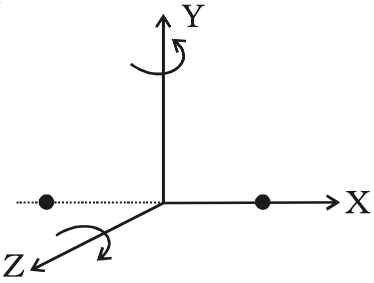
ஓரணு மூலக்கூறு ஒன்று புள்ளி நிறை கொண்ட ஓரணுவை மட்டுமே கொண்டிருப்பதால் அது நேர்க்கோட்டு இயக்கத்திற்கான மூன்று உரிமைப்படிகளை x, y, z திசைக்கூறுகளில் கொண்டுள்ளது (படம் 8.3–ல் காட்டியுள்ளபடி)



படம் 8.3 ஓரணு மூலக்கூறு

எடுத்துக்காட்டுகள் ஹீலியம். ஆர்கான் போன்ற மந்த வாயுக்களின் மூலக்கூறுகள்

8.2.2 ஈரணு மூலக்கூறு



படம் 8.4 ஈரணு மூலக்கூறு

எந்தவொரு அச்சைப் பொருத்தும் சுழலக்கூடிய ஈரணு மூலக்கூறு ஒன்று அதன் அச்சுக்குச் செங்குத்தாக அமைந்த அச்சுகளைப் பொருத்து சுழலமுடியும். எனவே அது சுழல் இயக்கத்தின் இரு உரிமைப்படிகளையும் நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தின் மூன்று உரிமைப்படிகளையும் பெற்றுள்ளது. எனவே ஒரு ஈரணு மூலக்கூறு ஐந்து உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளது (படம் 8.4).

எடுத்துக் காட்டுகள் O_2, N_2, CO, Cl_2 போன்றவற்றின் மூலக்கூறுகள்.

8.2.3 மூவணு மூலக்கூறு (நேர்க்கோட்டு அமைப்பு)

நேர்க்கோட்டு அமைப்பில் உள்ள மூவணு மூலக்கூறு ஒன்றின் நிறை மையம் **(centre of mass)** அதனுடைய மைய அணு மீது அமைவதால் அது ஈரணு மூலக்கூறு போன்று செயல்படுகிறது. எனவே, அது மூன்று நேர்க்கோட்டு உரிமைப்படிகளையும், இரண்டு சுழற்சி உரிமைப்படிகளையும் பெற்று மொத்தம் ஐந்து உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளது.

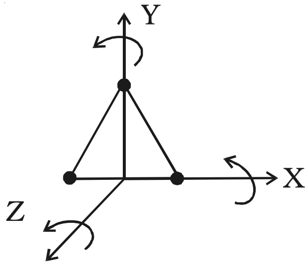
எடுத்துக்காட்டு : CO_2, CS_2 போன்றவற்றின் மூலக்கூறுகள்



படம் 8.5 மூவணு மூலக்கூறு நேர்க்கோட்டு அமைப்பு

8.2.4 மூவணு மூலக்கூறு (நேர்க்கோட்டில் அமையாத வகை)

நேர்க்கோட்டில் அமையாத மூவணு மூலக்கூறு ஒன்று (படம் 8.6ல் காட்டியுள்ளவாறு) ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான மூன்று அச்சுக்களைப் பற்றிச் சுழல முடியும். எனவே, அது மூன்று ஆயத்தொலைவு அச்சுகளில், மூன்று நேர்க்கோட்டு உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளதுடன் மட்டுமல்லாமல், மூன்று சுழற்சி உரிமைப்படிகளையும் பெற்றுள்ளதால் மொத்தம் ஆறு உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளது.



படம் 8.6 மூவணு மூலக்கூறு (நேர்க்கோட்டில் அமையாத வகை)

எடுத்துக் காட்டுகள் H_2O, SO_2 போன்றவற்றின் மூலக்கூறுகள்.

மேற்கூறிய வகைகளில் மூலக்கூறுகளின் நேர்க்கோட்டு இயக்கம் மற்றும் சுழல் இயக்கம்

மட்டுமே கருத்தில் கொள்ளப்பட்டன. மூலக்கூறுகளின் அதிர்வியக்கம் கருத்தில் கொள்ளப்படவில்லை.

8.3 ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதி

வெப்பச் சமநிலையில், இயங்கும் தொகுதியொன்றின் மொத்த ஆற்றல், தொகுதியின் அனைத்து உரிமைப் படிகளுக்கும் சமமாகப் பங்கிடப்படுகிறது. இது ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதியாகும்.

மூலக்கூறு ஒன்றின் ஒவ்வொரு உரிமைப்படிக்கும் தொடர்புடைய ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\ kT$. (K என்பது போல்ட்ஸ்மன் மாறிலி)

வெப்பநிலை T-ல் வெப்பச் சமநிலையிலுள்ள ஒரு மோல் அளவுள்ள ஓரணு மூலக்கூறு வாயுவைக் கருதுவோம். ஒவ்வொரு மூலக்கூறும். நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தின் மூலம் மூன்று நேர்க்கோட்டு உரிமைப்படிகளைப் பெற்றிருக்கும். வாயுவின் இயக்கவியற் கொள்கையின்படி மூலக்கூறு ஒன்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் $\frac{3}{2}$kT.

மூன்று அச்சுகளில் மூலக்கூறு ஒன்றின் RMS திசைவேகத்தின் கூறுகள் முறையே C_x, C_y, C_z என இருக்கட்டும். இப்போது ஒரு வாயு மூலக்கூறின் சராசரி ஆற்றல் பின்வருமாறு தரப்படுகிறது.

$$\frac{1}{2}\ mC^2 = \frac{1}{2}mC_x^{\ 2} + \frac{1}{2}mC_y^{\ 2} + \frac{1}{2}mC_z^{\ 2}$$

$$\therefore\ \frac{1}{2}mC_x^{\ 2} + \frac{1}{2}mC_y^{\ 2} + \frac{1}{2}mC_z^{\ 2} = \frac{3}{2}kT$$

மூலக்கூறுகள் கட்டுபாடற்ற திசைகளில் அங்குமிங்கும் இயங்குவதால் ஒவ்வொரு உரிமைப்படிக்கும் உரிய சராசரி இயக்க ஆற்றல் ஒரே மதிப்பைக் கொண்டுள்ளது.

$$\therefore\ \frac{1}{2}mC_x^{\ 2} = \frac{1}{2}mC_y^{\ 2} = \frac{1}{2}mC_z^{\ 2}$$

அதாவது, $\frac{1}{2}mC_x^{\ 2} = \frac{1}{2}mC_y^{\ 2} = \frac{1}{2}mC_z^{\ 2} = \frac{1}{2}kT$

எனவே மூலக்கூறு ஒன்றின் ஒவ்வொரு உரிமைப்படிக்கான சராசரி ஆற்றல் $\frac{1}{2}\ kT$ ஆகும்.

8.4 வெப்பச் சமநிலை

சார்பற்ற இரு ஆயத்தொலைவுகள் X மற்றும் Y–யைக் கொண்டு, முழுமையாக விளக்கப்படும் தொகுதியொன்றைக் கருதுவோம்.

புறக் காரணிகளான வெப்பநிலை போன்றவை மாறாது இருக்கும் வரை, X மற்றும் Y-யின் மதிப்புகள் மாற்றம் அடையாது இருப்பின், தொகுதியானது வெப்பச் சமநிலையில் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது.

சுவர் ஒன்றால் பிரிக்கப்பட்ட இரு தொகுதிகள் A, B - யைக் கருதுவோம். இவற்றின் வெப்பவியக்கவியல் ஆயத் தொலைவுகள் முறையே X மற்றும் Y, X_1 மற்றும் Y_1 ஆக இருக்கட்டும். இப்போது சுவர் நீக்கப்படும் போது தொகுதிகள் புதிய மற்றும் பொதுவான ஆயத்தொலைவுகள் X^1 மற்றும் Y^1-யைத் தன்னிச்சையாகப் பெறும். இப்போது தொகுதிகள் ஒன்றோடொன்று வெப்பச் சமநிலையில் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது.

8.4.1 வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதி

தொகுதிகள் A மற்றும் B என்பன தனித்தனியாக C என்ற மூன்றாவது தொகுதியுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருப்பின் இம்மூன்று தொகுதிகளும் ஒன்றோடொன்று வெப்பச் சமநிலையில் உள்ளன. *(வெப்ப இயக்கவியலின் சுழிவிதியானது இரு தொகுதிகள் தனித்தனியே ஒரு மூன்றாவது தொகுதியுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருப்பின் அவை ஒன்றோடொன்று வெப்பச் சமநிலையில் இருக்கும்).*

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது விதிகள் கூறப்பட்டதற்கு வெகு காலத்திற்குப் பின்னரே ஃப்ளவர் என்பவரால் வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதி கூறப்பட்டது. வெப்ப நிலையை இன்னும் மிக ஆழ்ந்த முறையில் வரையறுப்பதற்கு வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதி உதவுகிறது.

8.4.2 வெப்பநிலை

ஒன்றுக்கொன்று வெப்பச்சமநிலையில் உள்ள பல வாயுத் தொகுதிகளைக் கருதுவோம். தொகுதிகளின் நிலைகள், வாயுக்களின் பருமன் V_1, V_2, V_3 ... மற்றும் அதன் அழுத்தம் P_1, P_2, P_3... இவற்றால் குறிக்கப்படுகினறன.

$\phi_1 (P_1,V_1) = \phi_2 (P_2, V_2) = \phi_3 (P_3, V_3)$ என்றவாறு மேலும் எழுதலாம். இங்கு ϕ என்பது P மற்றும் Vயைச் சார்ந்த ஒரு சார்பாகும். இச் சார்புகள் மாறுபட்ட காரணிகளாகிய அழுத்தம் மற்றும் பருமன் ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள போதும் இவற்றின் எண்மதிப்பு அல்லது தொகுதிகளின் வெப்பநிலை ஒரே அளவில் உள்ளது.

இரு தொகுதிகள் ஒன்றையொன்றுத் தொடுமாறு கொணரப்படும் போது ஒரு தொகுதி அதன் அருகிலிலுள்ள தொகுதியுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருக்கின்றதா அல்லது இல்லையா என்பதை உறுதிசெய்யும் ஒரு குறிப்பிட்ட பண்பே வெப்பநிலை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

8.5 தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

ஒரு பொருளின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படுவது அதன் 1 kg நிறையுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை 1K உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு $J\,kg^{-1}K^{-1}$.

வாயு ஒன்றின் மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

வாயு ஒன்றின் மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படுவது, ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயு ஒன்றின் வெப்பநிலையை 1K வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்ப ஆற்றலின் அளவு என வரையறுக்கப் படுகிறது. இதன் அலகு $J\,mol^{-1}K^{-1}$.

வாயு ஒன்றின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறனின் மதிப்பு அதற்கு வெப்ப ஆற்றல் அளிக்கப்படும் விதத்தைப் பொருத்து $-\infty$ –க்கும் $+\infty$ –க்கும் இடையில் உள்ளது.

ஒரு வாயுவின் நிறை 'm' என்க. அதன் தன் வெப்ப ஏற்புத் திறன் 'C' என்க. ΔQ என்ற வெப்ப ஆற்றல் உட்கவரப்படும் போது, வெப்பநிலையில் உயர்வு ΔT எனில்

$$\Delta Q = m \times C \times \Delta T \text{ அதாவது, } C = \frac{\Delta Q}{m\,\Delta T}$$

நேர்வு (i) வாயு ஒன்று அதன் சூழலிலிருந்து பாதிக்காவண்ணம் ஒரு வெப்பங்கடத்தா பாதுகாப்பு அளிக்கப்பட்டு திடீரென்று அமுக்கப்படும் போது அது வெப்பப்படுத்தப்படுவதால் வெளியிலிருந்து வெப்பம் அளிக்கப்படாத போதும் அதன் வெப்பநிலை உயர்கிறது.

அதாவது, $\Delta Q = 0$

$$\therefore \quad C = 0$$

நேர்வு (ii) வாயுவினை மெதுவாக விரிவடைய அனுமதிக்கப்படும் போது வெப்பநிலை மாறாது இருக்க அதற்கு வெளியிலிருந்து ΔQ என்ற அளவுள்ள வெப்ப ஆற்றல் அளிக்கப்படுகிறது.

$$C = \frac{\Delta Q}{m \times \Delta T} = \frac{\Delta Q}{0} = +\infty$$

($\because$ வெப்ப ஆற்றல் வெளியிலிருந்து அளிக்கப்படுவதால் ΔQ நேர்க்குறியைப் பெறுகிறது)

நேர்வு (iii) வாயு மெதுவாக அமுக்கப்படும்போது தோன்றும் வெப்பம் ΔQ வெப்பநிலை மாறாமல் இருக்கும் வகையில் வெளியேக் கடத்தப்படுகிறது.

எனவே $C = \dfrac{\Delta Q}{m \times \Delta T} = -\dfrac{\Delta Q}{0} = -\infty$

($\because$ தொகுதியினால் வெப்பம் அளிக்கப்படுவதால் ΔQ எதிர்க்குறியாகும்)

இவ்வாறு வெளிப்புற நிலைகளை கட்டுப்படுத்தாமல் இருக்கும் போது ஒரு வாயுவின், தன் வெப்ப ஏற்புத்திறனின் மதிப்பு $+\infty$ முதல் $-\infty$ வரை மாறுபடுகிறது.

எனவே ஒரு வாயுவின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறனைக் காண்பதற்கு அதனுடைய அழுத்தம் அல்லது பருமன் மாறிலியாக வைக்கப்பட வேண்டியுள்ளது. இதன் விளைவாக ஒரு வாயு இரு தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்களைக் கொண்டுள்ளது. அவை 1. பருமன் மாறா தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் 2. அழுத்தம் மாறா தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்.

ஒரு வாயுவின் பருமன் மாறா மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

பருமன் மாறாது இருக்கும் போது ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் வெப்பநிலையை $1K$ உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்ப ஆற்றல் அளவு வாயுவின் பருமன் மாறா மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_V) என வரையறுக்கப்படுகிறது.

வாயு ஒன்றின் அழுத்தம் மாறா மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

அழுத்தம் மாறாது இருக்கும் போது ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் வெப்பநிலையை $1K$ உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்ப ஆற்றலின் அளவு வாயுவின் அழுத்தம் மாறா மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_p) எனப்படும்.

ஓரணு, ஈரணு மற்றும் மூவணு வாயுக்களின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்

ஆர்கான், ஹீலியம் போன்ற ஓரணு வாயுக்கள் மூன்று உரிமைப் படிகளைப் பெற்றுள்ளன. ஒரு உரிமைப்படிக்கான மூலக்கூறு ஒன்று பெற்றுள்ள இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2}\ kT$ என நாம் அறிவோம். மூன்று உரிமைப்படிகள் கொண்ட மூலக்கூறு ஒன்றிற்கான இயக்க ஆற்றல் $\frac{3}{2}\ kT.$

ஒரு மோல் அளவுள்ள ஓரணு வாயுவின் மொத்த இயக்க ஆற்றல்

$$E = \frac{3}{2} kT \times N = \frac{3}{2} RT$$

இதில் N என்பது அவகட்ரோ எண் ஆகும்.

$$\therefore \frac{dE}{dT} = \frac{3}{2}R$$

மாறாத பருமனில் ஒரு மோல் வாயுவின் வெப்பநிலையை dT அளவு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்ப ஆற்றலின் அளவு dE எனில்

$$dE = 1 \times C_V \times dT$$

$$C_V = \frac{dE}{dT} = \frac{3}{2}R$$

$R = 8.31 J\ mol^{-1}\ K^{-1}$ என்பதால் $C_V = \frac{3}{2} \times 8.31 = 12.465\ J\ mol^{-1}K^{-1}$

மேலும் $C_P - C_V = R$

$$C_P = C_V + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R = \frac{5}{2} \times 8.31$$

$$C_p = 20.775\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$$

ஹைடிரஜன், ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன் போன்ற ஈரணு வாயுக்களில் ஒரு மூலக்கூறு ஐந்து உரிமைப்படிகளைப் பெற்றுள்ளது. எனவே ஒரு மோல் ஈரணு வாயுவிற்கான மொத்த ஆற்றல்

$$E = 5 \times \frac{1}{2} kT \times N = \frac{5}{2}RT$$

மேலும், $C_v = \frac{dE}{dT} = \frac{d}{dT}\left(\frac{5}{2}RT\right) = \frac{5}{2}R$

$$C_v = \frac{5}{2} \times 8.31 = 20.775\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$$

ஆனால், $C_p = C_v + R$

$$= \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$$

$$C_p = \frac{7}{2} \times 8.31$$

$$= 29.085\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$$

இதேபோன்று, மூவணு வாயுக்களுக்கும் C_p மற்றும் C_vயைக் கணக்கிடலாம்.

அக ஆற்றல்

ஒரு தொகுதியில் அக ஆற்றல் U என்பது மூலக்கூறு இயக்கம் மற்றும் மூலக்கூறு அமைப்பு மூலம் அத்தொகுதி பெற்றுள்ள ஆற்றலே ஆகும்.

மூலக்கூறுகளின் அக இயக்க ஆற்றல் U_K, மூலக்கூறின் இயக்கத்தாலும், அகநிலை ஆற்றல் U_P மூலக்கூறின் அமைப்பாலும் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறாக,

$$U = U_K + U_P$$

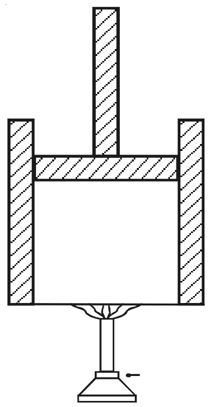
இது, தொகுதியின் தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளை மட்டும் பொருத்து அமைந்துள்ளது. ஒரு நல்லியல்பு (ideal) வாயுவிற்கு மூலக்கூறுகளுக்கு இடையேயான விசைகள் சுழி என எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. எனவே, மூலக்கூறு இடையேயான தொலைவு மாறுபடும்போதும் வேலை செய்யப்படவில்லை. ஆதலால் $U_P = O$. எனவே, ஒரு நல்லியல்பு வாயுவின் அக ஆற்றல், அக இயக்க ஆற்றலை மட்டுமே பெற்றுள்ளது. இந்த அக இயக்க ஆற்றல் வாயுவின் வெப்ப நிலையை மட்டும் சார்ந்து உள்ளது.

ஒரு இயல்பு (real) வாயுவில். மூலக்கூறுகளுக்கு இடையேயான விசைகள் சுழி அல்ல. எனவே மூலக்கூறுகளுக்கு இடையேயான தொலைவை மாற்றும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வேலை செய்யப்பட வேண்டியுள்ளது. இவ்வாறு ஒரு இயல்பு வாயுவின் அக ஆற்றல், அதனுடய அக இயக்க ஆற்றல் மற்றும் அக நிலை ஆற்றல் இவற்றின் கூடுதல் ஆகும். எனவே இது வாயுவின் வெப்பநிலை மற்றும் அதன் பருமன் ஆகிய இரண்டையும் சார்ந்துள்ளது.

8.6 வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி

இயங்கக்கூடிய. உராய்வற்ற பிஸ்டன் ஒன்று பொருத்தப்பட்ட உருளையினுள் உள்ள வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம். உருளையின் சுவர்கள் வெப்பங் கடத்தாப் பொருளால் ஆனவை. மற்றும் அதன் அடிப்பாகம் வெப்பம் கடத்தும் பொருளால் ஆனது (படம் 8.7).

உருளையின் அடிப்பகுதி எரிகலனுடன் (burner) தொடர்பு கொண்டிருக்கும். வாயு வெப்பப்படுத்தப்படும் போது அதற்கு கொடுக்கப்படும் மொத்த வெப்ப ஆற்றலும் வேலையாக மாற்றப்படுவதில்லை. வெப்ப ஆற்றலின் ஒரு பகுதி வாயுவின் வெப்பநிலையை உயர்த்தப் பயன்படுகிறது. அதாவது வாயுவின் அக ஆற்றலை உயர்த்தப் பயன்படுகிறது. மீதமுள்ள ஆற்றல் பிஸ்டனை மேல்நோக்கி நகர்த்தப் பயன்படுகிறது. அதாவது வேலை செய்யவும் பயன்படுகிறது.



படம் 8.7 வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி

வாயுவிற்கு அளிக்கப்படும் வெப்ப ஆற்றல் ΔQ எனவும் U_1, U_2 முறையே அதன் தொடக்க மற்றும் இறுதி ஆற்றல் எனவும், அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை ΔW எனவும் கொண்டால்

$$\Delta Q = \Delta W + (U_2 - U_1)$$

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

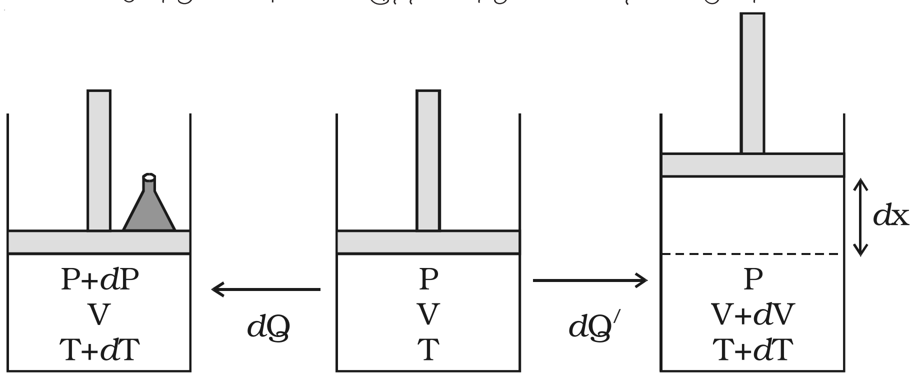
இங்கு ΔU என்பது அமைப்பின் அக ஆற்றலின் மாறுபாடு ஆகும்.

எனவே, *அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்ப ஆற்றல், அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாறுபாடு மற்றும் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை இவற்றின் கூடுதலுக்குச சமம் என வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதி கூறுகிறது. இந்த விதியானது ஆற்றல் அழிவின்மை விதிக்கு உட்பட்டுள்ளது.*

8.7 C_p , C_v- இவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பு (மேயரின் தொடர்பு)

உராய்வற்ற பிஸ்டன் கொண்ட ஒரு உருளையில் 1 மோல் வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம். உருளையின் பரப்பு A என்க. வாயுவின் அழுத்தம், பருமன், தனிவெப்பநிலை ஆகியன முறையே P,V,T ஆக இருக்கட்டும் (படம் 8.8).

வாயுவிற்கு dQ என்ற அளவுள்ள வெப்ப ஆற்றல் அளிக்கப்படுகிறது. வாயுவின் பருமன் மாறாமல் இருக்க பிஸ்டன் மீது ஒரு சிறிய எடை வைக்கப்படுகிறது. வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை முறையே $P + dP$



படம் 8.8 மேயரின் தொடர்பு

மற்றும் $T + dT$ க்கு உயர்கின்றன. இந்த வெப்ப ஆற்றல் dQ வாயுவின் அக ஆற்றலை dU அளவு உயர்த்தப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஆனால் வாயு எந்த வேலையும் செய்வதில்லை ($dW = 0$).

$$\therefore\ dQ = dU = 1 \times C_v \times dT \qquad \ldots (1)$$

இப்போது பிஸ்டன் மீதிருந்து அதிகப்படியான எடை நீக்கப்படுகிறது. இப்போது அடைபட்டுள்ள வாயுவின் அழுத்தம் வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கு (P) சமமாகும் வகையில் பிஸ்டன் மேல் நோக்கி நகருகிறது. வாயு விரிவடைவதால் வாயுவின் வெப்பநிலை T–க்கு குறைகிறது.

இப்போது வெப்பநிலை $T + dT$ ஆக மாறும் வரை dQ' என்ற அளவுள்ள வெப்பம் வாயுவிற்கு அளிக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்ப ஆற்றல் வாயுவின் அக ஆற்றலை உயர்த்துவதற்கு மட்டுமல்லாமல், பிஸ்டனை மேல்நோக்கி நகர்த்தத் தேவையான வெளிப்புற வேலை dW–ஐ செய்யவும் பயன்படுகிறது.

$$\therefore\ dQ' = dU + dW$$

மாறாத அழுத்தத்தில் வாயு விரிவடைவதால்

$$dQ' = C_p dT$$

$$\therefore\ C_p dT = C_v dT + dW \qquad \ldots (2)$$

செய்யப்பட்ட வேலை, dW = விசை × தொலைவு

$$= P \times A \times dx$$

$$dW = PdV$$

$$\therefore\ C_p dT = C_v dT + PdV \qquad \ldots (3)$$

நல்லியல்பு வாயுவிற்கான சமன்பாடு

$$PV = RT$$

இருபுறமும் வகைப்படுத்த

$$PdV = RdT \qquad \ldots (4)$$

சமன்பாடு (4)–ஐ (3)–ல் பிரதியிட

$$C_p dT = C_v dT + RdT$$

$$C_p = C_v + R$$

$$\therefore\ C_p - C_v = R$$

இத்தொடர்பு மேயரின் தொடர்பு எனப்படும்.

8.8 சுட்டுப்படம் (P-V வரைபடம்)

ஒரு பொருளின் பருமன் மாறுபாட்டை X அச்சிலும், அழுத்த மாறுபாட்டை Y அச்சிலும் காட்டும் வரைபடம் சுட்டுப் படம் அல்லது P-V வரைபடம் எனப்படும்.

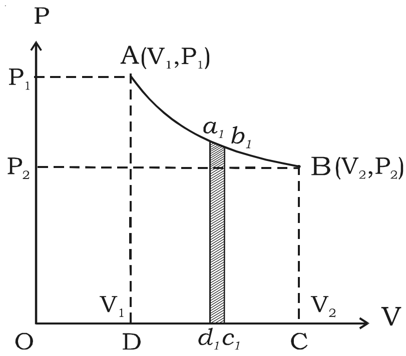
சுட்டுப்படத்தின் வடிவம், தொகுதி உட்படுத்தப்படும் வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வைப் பொருத்து அமையும்.

முழுவதும் உராய்வற்ற பிஸ்டன் பொருத்தப்பட்டுள்ள சிலிண்டர் ஒன்றில் உள்ள ஒரு மோல் அளவுள்ள நல்லியல்பு வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம். வாயுவின் தொடக்க நிலை P_1, V_1, T என இருக்கட்டும். dV என்ற வரையறுக்கமுடியாத சிறிய அளவிற்கு வாயுவின் பருமன் அதிகரிக்கும் போது அழுத்தம் P மாறிலியாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது எனில், வாயுவால் செய்யப்பட்ட சிறிய வேலையின் அளவு

$$dW = P\,dV$$

சுட்டுப்படத்தில் dW = பரப்பு $a_1b_1c_1d_1$ ஆகும். V_1–லிருந்து V_2–க்கு வாயு விரிவடையும் போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W = \int_{V_1}^{V_2} PdV = \text{சுட்டுப் படத்தில் ABCD-ன் பரப்பு}$$



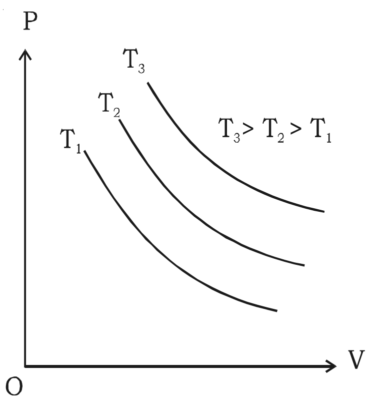
படம் 8.9 சுட்டுப் படம்

எனவே ஒரு சுட்டுப் படத்தில் வளைவரைக்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, செய்யப்பட்ட வேலையைக் குறிக்கிறது (படம் 8.9).

8.8.1 சமவெப்பநிலை நிகழ்வு

மாறா வெப்ப நிலையில் வாயு ஒன்று விரிவு அல்லது அமுக்கத்திற்கு உட்படும் நிகழ்வு சமவெப்பநிலை நிகழ்வு எனப்படும்.

உராய்வற்ற பிஸ்டன் கொண்ட ஒரு உருளையில் வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம். பிஸ்டனும் உருளையும் வெப்பங்கடத்தும் பொருளாலாகியவை. பிஸ்டன் மெதுவாக கீழ்நோக்கி நகர்த்தப்படும் போது, தோன்றும் வெப்ப ஆற்றல் உடனடியாக சூழலுக்கு மாற்றப்படுகிறது. எனவே, வெப்பநிலை மாறாதிருக்கும். ஆனால் வாயுவின் அழுத்தம் அதிகரித்து பருமன் குறையும்.



படம் 8.10 சமவெப்பநிலை நிகழ்வு

ஒரு சமவெப்பநிலை நிகழ்விற்கான சமன்பாடு, PV = மாறிலி.

வெப்பநிலையை மாற்றாமல் இருக்கும் போது P மற்றும் V இவற்றிற்கு இடையேயான வரைபடம் வரையப்படின் சமவெப்பநிலை வளைவரை கிடைக்கிறது. T_1, T_2 மற்றும் T_3 எனும் வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகளுக்கான சமவெப்பநிலை வளை வரைகள் படம் 8.10ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவை உயர்வெப்பநிலைகளில் ஆயத்திலிருந்து (O) விலகிச் செல்கின்றன.

சமவெப்பநிலை மாற்றத்தில் வாயுவின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் மதிப்பு ஈறிலியாகும்.

அதாவது, $C = \dfrac{\Delta Q}{m\Delta T} = \infty \quad (\because \Delta T = 0)$

எடுத்துக்காட்டு : உருகுநிலையில் பனிக்கட்டி உருகுதல் மற்றும் கொதிநிலையில் நீர் ஆவியாதல்.

8.8.2 சமவெப்பநிலை விரிவில் செய்யப்பட்ட வேலை

உராய்வற்ற பிஸ்டன் கொண்ட ஓர் உருளையில் 1 மோல் நல்லியல்பு வாயுவைக் கருதுவோம். உருளையின் சுவர்களும், பிஸ்டனும் வெப்பங்கடத்தும் பொருளால் ஆனவை. வாயுவின் தொடக்க அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலைகள் முறையே P_1, V_1 மற்றும் T என்க. மாறா வெப்பநிலையில் (T) வாயுவின் பருமன் V_2–க்கு விரிவடையட்டும். அப்போது அதன் அழுத்தம் P_2–க்கு குறைகிறது. விரிவடையும் எக்கணத்திலும் வாயுவின் அழுத்தம் P என்க. A என்பது பிஸ்டனின் குறுக்குப் பரப்பு எனில் விசை $F = P \times A$.

பிஸ்டனின் மிகச்சிறிய அளவு வெளிப்புற இடப்பெயர்ச்சி dx–ன் போது வாயுவின் அழுத்தம் P மாறிலியாக உள்ளது எனக் கருதுவோம்.

செய்யப்பட்ட வேலை $dW = F\,dx = PA\,dx = P\,dV$

தொடக்கப் பருமன் V_1–லிருந்து இறுதிப் பருமன் V_2 –விற்கு வாயு விரிவடையும் போது, வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$$

$$PV = RT,\ P = \frac{RT}{V}$$

$$\therefore\ W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V}\,dV = RT\int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V}\,dV$$

$$W = RT\left[\log_e V\right]_{V_1}^{V_2}$$

$$= RT\left[\log_e V_2 - \log_e V_1\right]$$

$$= RT\ log_e \frac{V_2}{V_1}$$

$$W = 2.3026\ RT\ log_{10} \frac{V_2}{V_1}$$

இது சமவெப்ப நிலை நிகழ்வின் போது செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாடு ஆகும்.

8.8.3 வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வு (Adiabatic Process)

கிரேக்க மொழியில் 'அடியபாடிக்' என்ற சொல்லின் பொருள் 'எதுவும் கடப்பதில்லை' என்பதாகும்.

ஒரு அமைப்பின் நிகழ்வில் அழுத்தம், பருமன், மற்றும் வெப்பநிலை ஆகியவை மாறும்போது அமைப்புக்கு உள்ளேயோ அல்லது அமைப்பிலிருந்து வெளியேயோ வெப்பம் செல்வதில்லை எனில், அந்நிகழ்வு வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வு எனப்படும். இவ்வாறு வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வின் போது அமைப்பின் மொத்த வெப்பம் மாறாமல் உள்ளது.

பிஸ்டன் ஒன்று பொருத்தப்பட்ட முழுவதும் வெப்பங்கடத்தா உருளையில் உள்ள வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம். பிஸ்டனைக் கீழ்நோக்கி நகர்த்தி, வாயு திடீரென்று அமுக்கப்படும் போது, வெப்பம் தோன்றுகிறது. எனவே வாயுவின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது. வாயுவின் மீதான இந்நிகழ்வு வெப்பமாற்றீடற்ற அமுக்கம் எனப்படுகிறது.

பிஸ்டனை வெளிநோக்கி நகர்த்தி வாயுவை திடீரென்று விரிவடையச் செய்யும் போது, பிஸ்டனை இயக்குவதற்குத் தேவையான ஆற்றல், வாயுவின் அக ஆற்றலிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளப்படுவதால் வாயுவின் வெப்பநிலை குறைகிறது. இந்த வெப்பநிலைக் குறைவு, சூழலிலிருந்து வெப்பம் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு ஈடு செய்யப்படுவதில்லை. இந்நிகழ்வு வாயுவின் வெப்பமாற்றீடற்ற விரிவாகும்.

வாயுவின் அமுக்கம் மற்றும் விரிவின்போது வெப்பப் பரிமாற்றத்திற்கு நேரம் இல்லாத வகையில், திடீர் நிகழ்வுகளாக இருத்தல் வேண்டும். *எனவே ஒரு வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வின் போது வெப்பநிலை மாறுபாடு எப்போதும் ஏற்படுகிறது.*

நீராவி இயந்திரத்தில் உள்ள உருளையில் நீராவியின் விரிவு, உள்எரி இயந்திரத்தில் வெப்பபடுத்தப்பட்ட வாயுக்களின் விரிவு, ஒரு மிதிவண்டி அல்லது உந்து வண்டியின் சக்கரத்திலுள்ள இரப்பர் குழாய் வெடித்தல், வாயுவின் வழியே ஒலி அலைகள் பரவுதல் போன்றவை வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வுக்கு எடுத்துக் காட்டுகளாகும்.

வாயு ஒன்றின் அழுத்தம் P மற்றும் பருமன் V, இவற்றிற்கிடையேயான வெப்பமாற்றீடற்ற தொடர்பு

$PV^{\gamma} = k$ ஒரு மாறிலி ... (1)

இதில் $\gamma = \dfrac{\text{வாயுவின் அழுத்தம் மாறா தன் வெப்ப ஏற் பு த்திறன்}}{\text{வாயுவின் பருமன் மாறா தன் வெப்ப ஏற் பு த்திறன்}}$

படித்தர வாயு சமன்பாட்டிலிருந்து

$$PV = RT$$

$$P = \frac{RT}{V} \qquad \ldots (2)$$

P யின் மதிப்பை சமன்பாடு 1–ல் பிரதியிட

$$\frac{RT}{V} V^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

$$T.V^{\gamma-1} = \text{மாறிலி}$$

ஒரு வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வில் Q = மாறிலி

$$\therefore \Delta Q = 0$$

$\therefore$ தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் $C = \dfrac{\Delta Q}{m\Delta T}$

$$\therefore C = 0$$

8.8.4 வெப்ப மாற்றீடற்ற விரிவின் போது செய்யப்பட்ட வேலை

முழுவதும் கடத்தாப் பொருளாலான சுவர்களைக் கொண்ட ஒரு உருளையுள் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மோல் அளவுள்ள நல்லியல்பு வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம். உருளையினுள் முழுவதும் உராய்வற்ற கடத்தாப் பொருளாலான பிஸ்டன் ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

வாயுவின் தொடக்க அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்ப நிலை ஆகியன முறையே P_1, V_1, மற்றும் T_1 ஆக இருக்கட்டும். பிஸ்டனின் குறுக்குப் பரப்பு A எனில் பிஸ்டன் மீது வாயு செயல்படுத்தும் விசை

$F = P \times A$. இதில் P என்பது வாயு விரிவடையும் போது எந்த ஒரு கணத்திலும் அதன் அழுத்தம் ஆகும்.

பிஸ்டனின் மிகச்சிறிய வெளிப்புற இடப்பெயர்ச்சி dx–ன் போது வாயுவின் அழுத்தம் ஒரு மாறிலி என எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

செய்யப்பட்ட வேலை $dW = F \times dx = P \times A\ dx$

$$dW = P\ dV$$

வெப்பமாற்றீடற்ற முறையில் வாயு பருமன் V_1–லிருந்து V_2–க்கு விரிவடையும் போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட

மொத்த வேலை $= W = \int_{V_1}^{V_2} P\ dV$

வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்விற்கு PV^{γ} = மாறிலி (k)

இதில் $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} k.V^{-\gamma}\ dV = k \left[\frac{V^{1-\gamma}}{1-\gamma}\right]_{V_1}^{V_2} \quad \left(\because P = \frac{k}{V^{\gamma}}\right)$$

$$W = \frac{k}{1-\gamma}\left[V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}\right]$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma}\left[kV_2^{1-\gamma} - kV_1^{1-\gamma}\right] \qquad \ldots (1)$$

ஆனால் $P_2V_2^{\gamma} = P_1V_1^{\gamma} = k$ ... (2)

k–இன் மதிப்பை (1)–ல் பிரதியிட

$$\therefore\ W = \frac{1}{1-\gamma}\ [P_2V_2^{\gamma}\ .\ V_2^{1-\gamma} - P_1\ V_1^{\gamma}\ V_1^{1-\gamma}]$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma}\ [P_2\ V_2 - P_1V_1] \qquad \ldots (3)$$

வெப்பமாற்றீடற்ற விரிவின் போது, வாயுவின் இறுதி வெப்பநிலை T_2 எனில்

$$P_1V_1 = RT_1,\ P_2V_2 = RT_2$$

இவைகளை (3)–ல் பிரதியிட

$$W = \frac{1}{1 - \gamma} \; [RT_2 - RT_1]$$

$$W = \frac{R}{1 - \gamma} \; [T_2 - T_1] \qquad \dots (4)$$

இது வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வின் போது செய்யப்படும் வேலைக்கான சமன்பாடு ஆகும்.

8.9 மீள் செயல் முறைகளும், மீளாச் செயல் முறைகளும்

*8.9.1 மீள் செயல் முறை **(Reversible Process)***

(i) வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒன்றின் செயல்பாட்டின் பல்வேறு நிலைகளை எதிர்த்திசையிலும் திரும்பு வரிசையிலும் மீட்கப்பட இயலும் போதும் **(ii)** செயல்பாட்டின் ஒவ்வொரு பகுதியின் போதும் வேலையாகவோ, அல்லது வெப்பமாகவோ மாற்றப்பட்ட ஆற்றல், இருதிசைகளிலும் சம மதிப்பைக் கொண்டிருக்கும் போதும் அந்த வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒரு மீள் செயல் முறை எனக் கூறப்படுகிறது. மீள் செயல் முறையின் ஒவ்வொரு நிலையின் போதும் உராய்வு, மீட்சியற்ற பண்பு, மின்தடை, பாகியல் விசை போன்றவற்றால் ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுவதில்லை. மேலும் வெப்பங்கடத்தல், வெப்பச்சலனம் மற்றும் கதிர்வீச்சு போன்றவற்றால் சூழலுக்குத் தரப்படும் வெப்ப ஆற்றல் இழப்புகள் சுழியாகும்.

மீள் செயல் முறைக்கான நிபந்தனை

(i) நிகழ்வு மிக மெதுவாக நடைபெறல் வேண்டும்

(ii) தொகுதி, வெப்பச் சமநிலையில் இருத்தல் வேண்டும் அல்லது தொகுதியும் சூழலும் ஒரே வெப்பநிலையில் இருத்தல் வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(i) ஒரு வாயு சமவெப்பநிலையில் அமுக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். எனவே சூழலுக்கு வெப்பம் கடத்தப்படுகிறது. வாயு அதே அளவு சிறிய சம அளவுகளில் விரிவடையும் போது, வெப்பநிலை குறைகிறது. ஆனால் அமைப்பானது சூழலிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெற்று, வெப்பநிலையை மாறாமல் வைத்துக் கொள்கிறது.

(ii) அக மின் தடை இல்லாதிருப்பின், மின்பகுப்பு ஒரு மீள் செயல் முறையாக கருதப்படுகிறது.

8.9.2 மீளாச் செயல் முறை (Irreversible Process)

மீளாச் செயல் முறை என்பது எதிர்த் திசையில் மீட்கப்பட முடியாத ஒரு நிகழ்வு ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள் : வாயுக்கள் மற்றும் திரவங்களின் விரவுதல், கம்பியின் வழியே மின்னோட்டம் நிகழுதல் மற்றும் உராய்வினால் வெப்ப ஆற்றல் இழப்பு போன்றவை. பொதுவாகவே மீளாச் செயல்முறைகள் மிக விரைவாக நிகழ்வதால் வெப்பநிலைகளில் மாற்றமடைய இயலாது. பெரும்பான்மையான வேதியியல் வினைகள் மீளாச்செயல் முறைகளாகும்.

8.10 வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியானது வேலை மற்றும் வெப்பம் இவற்றிற்கிடையே உள்ள சமான நிலையை எடுத்துரைக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியின்படி ஏற்படுத்தக்கூடிய நிகழ்வுகள் உண்மையில் நடைபெற இயலுமா அல்லது இல்லையா என அறிய வெப்பவியக்கவியலின் இரண்டாம் விதி உதவுகிறது. இந்த வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாவது விதி ஆற்றல் மாறுபாட்டின் அளவு மற்றும் திசையைப் பற்றிக் கூறுகிறது.

இந்த விதியின் சிறப்பியல்புகளைக் கொணரும் வகையில் பல அறிவியல் அறிஞர்கள் வெவ்வேறு வகையில் இந்த விதியைக் கூறியுள்ளனர்.

(i) கெல்வினின் கூற்று

கெல்வினின் வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாவது விதி, வெப்ப இயந்திரத்தின் இயக்குத்திறம் பற்றிய அவருடைய அனுபவத்தின் அடிப்படையில் அமைந்தது.

ஒரு பொருளை, அதன் சூழலைவிட மிகக் குளிர்ந்த வெப்பநிலையைக் காட்டிலும் குறைவாக உள்ள வெப்பநிலைக்குக் குளிர்விப்பதன் மூலம் அதனின்றும் தொடர்ந்து வேலையைப் பெற இயலாது.

(ii) கிளாசியஸின் கூற்று

புற உதவியின்றி தானே இயங்கும் இயந்திரத்தின் மூலம் குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு பொருளிலிருந்து அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள மற்றொரு பொருளுக்கு வெப்பத்தை மாற்ற இயலாது.

(iii) கெல்வின் - பிளாங்க் கூற்று

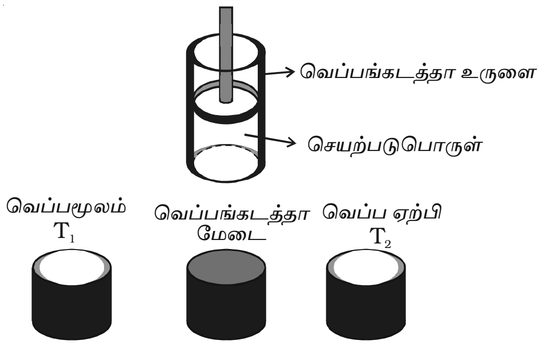
வெப்பத்தினை வெப்பமூலத்திலிருந்து பெற்று அதற்குச் சமமான வேலையைச் செய்யும் ஒரு சுற்றில் இயங்கும் வெப்ப இயந்திரத்தினை அமைக்க இயலாது.

8.11 கார்னாட் இயந்திரம்

வெப்ப இயந்திரம் என்பது வெப்ப ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றும் ஒரு கருவி ஆகும்.

1824–ஆம் ஆண்டில் கார்னாட் வெப்ப இயந்திரம் ஒன்றிற்கான ஒரு இலட்சிய நிகழ்வுச் சுற்று ஒன்றை அமைத்தார். இந்த இலட்சிய நிகழ்வுச் சுற்றினை அடைவதற்குப் பயன்படும் இயந்திரம் ஒரு இலட்சிய வெப்ப இயந்திரம் அல்லது கார்னாட் வெப்ப இயந்திரம் என அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு கார்னாட் இயந்திரத்தின் இன்றியமையாத உறுப்புக்கள் படம் 8.11–ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.11 கார்னாட் இயந்திரம்

(i) வெப்பமூலம்

இது மாறா வெப்பநிலை T_1-ல் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு வெப்பப்படுத்தப்பட்ட பொருள். இது அளவிட முடியாத அளவிற்கு மிகுந்த அளவு வெப்ப ஏற்புத் திறனைப் பெற்றுள்ளது. இதிலிருந்து எந்த அளவிற்கு வெப்பம் எடுக்கப்பட்டாலும் வெப்பநிலை (T_1) மாறாமல் இருக்கும்.

(ii) வெற்ப ஏற்பி

இது ஒரு மாறாத குறைந்த வெப்பநிலை T_2-ல் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு குளிர்ச்சியான பொருளாகும். இது அளவிடமுடியாத அளவிற்கு மிகுந்த அளவு வெப்ப ஏற்புத்திறனைப் பெற்றிருப்பதால் இதற்கு எந்த அளவிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்பட்டாலும் இதனுடைய வெப்பநிலை அதிகரிக்காது.

(iii) உருளை

உருளை, கடத்தாப் பொருளாலான சுவர்களையும் கடத்தும் அடிப்பாகத்தையும் கொண்டுள்ளது. நல்லியல்பு வாயு ஒன்று செயற்படு பொருளாகச் செயல்படுகிறது. முழுவதும் கடத்தாப் பொருளாலான, உராய்வற்ற பிஸ்டன் ஒன்று உருளையுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

(iv) வெப்பங்கடத்தா மேடை

வெப்பங்கடத்தா மேடை வெப்பமாற்றீடற்ற செயல்பாடுகளை ஏற்படுத்தும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

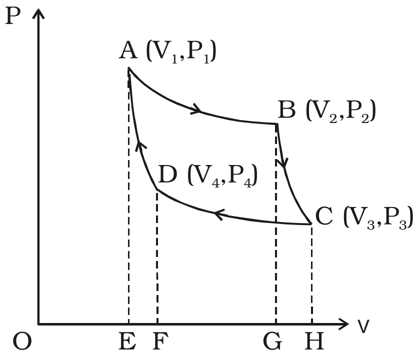
செயல்படும் விதம்

கார்னாட் இயந்திரம் பின்வரும் நான்கு செயல்பாட்டு நிலைகளைக் கொண்டுள்ளது.

1. சமவெப்பநிலை விரிவு 2. வெப்பமாற்றீடற்ற விரிவு 3. சமவெப்பநிலை அமுக்கம் 4. வெப்பமாற்றீடற்ற அமுக்கம்

சமவெப்பநிலை விரிவு

உருளையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள 1 மோல் அளவுள்ள நல்லியல்பு வாயு ஒன்றைக் கருதுவோம். அதனுடைய தொடக்க பருமன், தொடக்க அழுத்தம் முறையே V_1, P_1–ஆக இருக்கட்டும். வாயுவின் தொடக்க நிலை $P–V$ வரைபடத்தில் A என்ற புள்ளியால் குறிக்கப்படுகிறது. உருளை, T_1 வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்ப மூலத்தின் மீது வைக்கப்படுகிறது.



படம் 8.12 கார்னாட் சுற்று

வாயு விரிவடையும் வகையில், பிஸ்டன் மெதுவாக வெளியே இயங்குமாறு அனுமதிக்கப்படுகிறது. வெப்பமூலத்திலிருந்து வெப்பம் பெறப்படுகிறது. இந்நிகழ்வு மாறா வெப்பநிலை T_1ல் சமவெப்பநிலை நிகழ்வாக உள்ளது. இதில் வாயுவின் பருமன் V_1 லிருந்து V_2க்கு மாறுகிறது. அழுத்தம் P_1 லிருந்து P_2க்கு மாறுகிறது. சுட்டுப்படத்தில் இந்நிகழ்வு ABஆல் குறிக்கப்படுகிறது (படம் 8.12). இந்நிகழ்வின் போது வெப்பமூலத்திலிருந்து உட்கவரப்படும் ஆற்றல் Q_1 மற்றும் W_1 என்பது, வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை ஆகும்.

$$\therefore Q_1 = W_1 = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV = RT_1 \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \text{பரப்பு ABGEA} \qquad ...(1)$$

வெப்பமாற்றீடற்ற விரிவு

உருளை வெப்பமூலத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்டு வெப்பங்கடத்தா மேடை மீது வைக்கப்படுகிறது. வாயுவின் பருமன் V_2 லிருந்து V_3–க்கு மாறும் வகையிலும், அழுத்தம் P_2–லிருந்து P_3–க்கு மாறும் வகையிலும் பிஸ்டன் மேலும் இயக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பமாற்றீடற்ற விரிவு BCஆல் குறிக்கப்படுகிறது. வாயு, அனைத்துப் பக்கங்களிலும் வெப்பங் கடத்தாப் பொருளால் சூழப்பட்டுள்ளதால், சூழலிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெற முடியாது. வாயுவின் வெப்பநிலை T_1–லிருந்து

T_2–க்குக் குறைகிறது. வாயு வெப்பமாற்றீடற்ற முறையில் விரிவடையும்போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை,

$$W_2 = \int_{V_2}^{V_3} PdV = \frac{R}{\gamma - 1}(T_1 - T_2) \text{ = பரப்பு BCHGB} \qquad ...(2)$$

சமவெப்பநிலை அமுக்கம்

இப்போது உருளை T_2 வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்பஏற்பி மீது வைக்கப்படுகிறது. வாயுவின் வெப்பநிலை மாறாதிருக்கும் போது பிஸ்டன் மெதுவாகக் கீழ்நோக்கி நகர்த்தப்படுகிறது. இது CD ஆல் குறிக்கப்படுகிறது. புள்ளி D–யில் பருமன் மற்றும் அழுத்தம் முறையே V_4, P_4 என இருக்கட்டும். உருளையின் அடிப்பாகம் கடத்து பொருளால் ஆனதால், அமுக்கத்தின் போது உண்டாக்கப்பட்ட வெப்பம், வெப்ப ஏற்பிக்குக் கடத்தப்படுகிறது. எனவே வாயுவின் வெப்பநிலை T_2–ல் மாறாது உள்ளது. வெப்ப ஏற்பிக்கு அளிக்கப்பட்ட ஆற்றல் Q_2 ஆக இருக்கட்டும். சமவெப்ப நிலையில் வாயுவை அமுக்கும்போது வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை W_3 என்க.

$$Q_2 = W_3 = \int_{V_3}^{V_4} -P\ dV = -RT_2 \log_e\left(\frac{V_4}{V_3}\right)$$

$$= - \text{ பரப்பு CDFHC} \qquad ...(3)$$

எதிர்க்குறியானது செயற்படு பொருளின் மீது வேலை செய்யப்படுவதைக் காட்டுகிறது.

$$\therefore\ Q_2 = RT_2 \log_e \left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

வெப்பமாற்றீடற்ற அமுக்கம்

இப்போது உருளை வெப்பங்கடத்தா மேடை மீது வைக்கப்படுகிறது. பிஸ்டன் மேலும் கீழ்நோக்கி நகர்த்தப்படுவதால், வாயு வெப்பமாற்றீடற்ற முறையில் அமுக்கப்பட்டு, தொடக்கப் பருமன் V_1 மற்றும் தொடக்க அழுத்தம் P_1 -ஐ அடைகிறது.

வாயு அனைத்துப் பக்கங்களிலும் வெப்பங்கடத்தாப் பொருளால் சூழப்பட்டிருப்பதால் வாயுவில் உண்டாகும் வெப்பம், அதனுடைய வெப்பநிலையை T_1–க்கு உயர்த்துகிறது. இந்த மாறுபாடு ஒரு வெப்பமாற்றீடற்ற மாறுபாடு ஆகும். இந்த மாறுபாடு DA மூலம் குறிக்கப்படுகிறது. வாயுவை நிலை D

$(V_4,\ P_4)$லிருந்து தொடக்க நிலை $A\ (V_1,\ P_1)$–க்கு எடுத்துச் செல்ல அதை வெப்பமாற்றீடற்ற முறையில் அமுக்குவதன் மூலம் அதன் மீது செய்யப்பட்ட வேலை W_4 என்க.

$$\therefore W_4 = \int_{V_4}^{V_1} -P\,dV = \frac{-R}{\gamma - 1}(T_2 - T_1)$$

எதிர்க்குறியானது, செயற்படு பொருளின் மீது வேலை செய்யப்படுவதைக் காட்டுகிறது.

$$\therefore W_4 = \frac{R}{\gamma - 1}(T_1 - T_2) = \text{பரப்பு DAEFD} \qquad \ldots(4)$$

இயந்திரத்தினால் செய்யப்படும் ஒரு சுற்றிற்கான வேலை

ஒரு இயக்கச் சுற்றில், வாயுவால் செய்யப்பட்ட

மொத்த வேலை = $(W_1 + W_2)$

ஒரு இயக்கச் சுற்றில் வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட

மொத்த வேலை = $(W_3 + W_4)$

ஒரு இயக்கச் சுற்றில் வாயுவால் செய்யப்பட்ட

நிகர வேலை $W = W_1 + W_2 - (W_3 + W_4)$

ஆனால், $W_2 = W_4$

$\therefore W = W_1 - W_3$

$W = Q_1 - Q_2$

மேலும், W = பரப்பு ABGEA + பரப்பு BCHGB - பரப்பு CDFHC - பரப்பு DAEFD

W = பரப்பு ABCDA

எனவே, *கார்னாட் வெப்ப இயந்திரத்தில், ஒரு சுற்றின் போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட நிகரவேலை, சுற்றினைக் குறிக்கும் கண்ணியின் பரப்பிற்கு எண்ணளவில் சமம்.*

கார்னாட் இயந்திரத்தின் இயக்குத்திறன்

$$\eta = \frac{\text{வேலையாக மாற்றப்பட்ட வெப்பம்}}{\text{வெப்ப மூலத்திலிருந்து ஏற்கப்பட்ட வெப்பம்}} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

ஆனால், $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{W_1}{W_3} = \frac{RT_1 \log\left(V_2/V_1\right)}{RT_2 \log\left(V_3/V_4\right)} = \frac{T_1 \log\left(V_2/V_1\right)}{T_2 \log\left(V_3/V_4\right)}$ ...(5)

B மற்றும் C என்ற புள்ளிகள் ஒரே வெப்பமாற்றீடற்ற வளைவரைகோடு BC–யின் மீதே அமைவதால்

$T_1V_2^{\gamma-1} = T_2V_3^{\gamma-1}$ ($\because$ $TV^{\gamma-1}$ = மாறிலி) இங்கு, $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_3^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}} \quad ...(6)$$

D மற்றும் A என்ற புள்ளிகள் ஒரே வெப்பமாற்றீடற்ற வளைவரைகோடு DA-யின் மீது அமைவதால்

$$\therefore T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_4^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_4^{\gamma-1}}{V_1^{\gamma-1}} \quad ...(7)$$

(6) மற்றும் (7)–லிருந்து, $\frac{V_3^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}} = \frac{V_4^{\gamma-1}}{V_1^{\gamma-1}}$

$\frac{V_3}{V_2} = \frac{V_4}{V_1}$ அல்லது $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$ ...(8)

சமன்பாடு (8)ஐச் சமன்பாடு (5)ல் பிரதியிட

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \frac{\log\left(V_3/V_4\right)}{\log\left(V_3/V_4\right)}$$

அதாவது, $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$$\therefore \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

அல்லது,
$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \qquad (9)$$

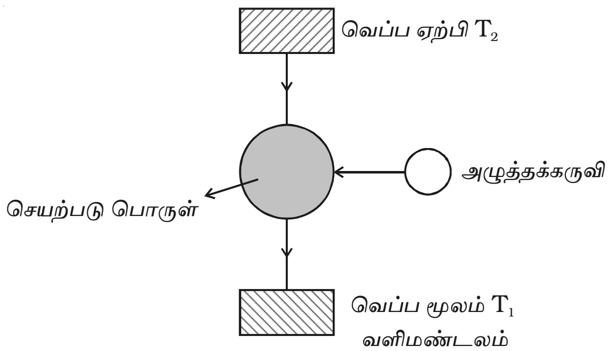
முடிவுகள்

கார்னாட் சுற்றின் இயக்குத்திறன் செயற்படு பொருளைச் சார்ந்தது அல்ல. ஆனால் வெப்பமூலம், வெப்ப ஏற்பி இவைகளின் வெப்பநிலைகளைச் சார்ந்துள்ளது.

$T_1 = \infty$ அல்லது $T_2 = 0$ K எனில், கார்னாட் சுற்றின் இயக்குத்திறன் 100% என்று இருக்கும். வெப்பமூலத்தின் வெப்பநிலையை ஈறிலியாகவோ அல்லது வெப்பஏற்பியின் வெப்பநிலையை 0 K ஆகவோ ஆக்க முடியாது என்பதால் ஒரு மீள்சுற்றில் இயங்கும் கார்னாட் வெப்ப இயந்திரம் 100% இயக்குத்திறனைப் பெற முடியாது.

8.12 குளிர்ப்பதனி (Refrigerator)

குளிர்ப்பதனி என்பது குளிர்ச்சியை ஏற்படுத்தும் ஒரு சாதனம் ஆகும். ஒரு இலட்சிய குளிர்ப்பதனி என்பது மறு திசையில் செயல்படும் ஒரு கார்னாட் வெப்ப இயந்திரம் ஆகும். எனவே இது ஒரு வெப்ப இறைப்பான் (heat pump) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 8.13 குளிர்ப்பதனி

குளிர்ப்பதனி ஒன்றில் செயற்படு பொருளானது, ஒரு மின்மோட்டார் போன்ற புறஅமைப்பு மூலம் குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்ப ஏற்பியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பத்தை உட்கவர்ந்து, உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்பமூலத்திற்கு அதிக அளவு வெப்பத்தைத் தருகிறது (படம் 8.13).

ஒரு குளிர்ப்பதனியின் உள்ளே ஃபிரியான் ஆவி (டைகுளோரோ டைபுளுரோ மீதேன் CCl_2F_2) ஒரு செயற்படு பொருளாக வேலை செய்கிறது. குளிர்ப்பதனியில் வைக்கப்படும் பொருள்கள், T_2 என்ற குறைந்த வெப்பநிலையில்

உள்ள வெப்ப ஏற்பியாக செயல்படுகின்றன. மின்மோட்டாரால் இயக்கப்படும் ஒரு அழுத்தக்கருவி மூலம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வேலை W, செயற்படுபொருளின் மீது செய்யப்படுகிறது. எனவே, அது வெப்ப ஏற்பியிலிருந்து Q_2 அளவு வெப்ப ஆற்றலை உட்கவர்ந்து வெப்பமூலத்திற்கு (வளிமண்டலத்திற்கு) Q_1 அளவுள்ள வெப்ப ஆற்றலை அளிக்கிறது.

இது ஒரு மீள் சுற்று நிகழ்வு என்பதால் செயற்படு பொருளின் அக ஆற்றல் மாறுபாடு சுழியாகும். அதாவது $dU = 0$

வெப்பஇயக்கவியலின் முதல்விதிப்படி $dQ = dU + dW$

ஆனால், $dQ = Q_2 - Q_1$; $dW = -W$ மற்றும் $dU = 0$

$$\therefore \quad dQ = Q_2 - Q_1 = -W$$

W–இன் எதிர்க்குறியானது அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்படுவதைக் குறிக்கிறது.

அதாவது, $W = Q_1 - Q_2$

செயல்திறன் எண் (Coefficient of performance)

குளிர்ப்பதனியின் உள்ளிருக்கும் பொருள்களிலிருந்து ஒரு சுற்றில் நீக்கப்பட்ட வெப்ப அளவு Q_2 க்கும், இந்த வெப்பத்தை வெளியேற்ற, அச்சுற்றில் செலவழிக்கப்படும் ஆற்றல் Wக்கும் உள்ள தகவு செயல்திறன் எண் (COP) என வரையறுக்கப்படுகிறது.

அதாவது, செயற்திறன் எண் $= \dfrac{Q_2}{W} = \dfrac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$

அதாவது, $$\text{COP} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad \ldots (1)$$

வெப்ப இயந்திரத்தின் இயக்குத்திறன்

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}; \qquad 1 - \eta = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{1 - \eta}{\eta} = \frac{T_2}{T_1} \times \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$$\therefore \quad \frac{1 - \eta}{\eta} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad \ldots (2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)லிருந்து

$$\text{செயல்திறன் எண் (COP)} = \frac{1 - \eta}{\eta} \qquad ...(3)$$

முடிவுகள்

(i) சமன்பாடு (1)–லிருந்து, T_1 - T_2 மதிப்பு சிறியதாகும்போது COPயின் மதிப்பு அதிகமாகிறது. அதாவது வளிமண்டலத்திற்கும் குளிரச் செய்ய வேண்டிய பொருள்களுக்கும் இடையே உள்ள வெப்பநிலை மாறுபாடு சிறியதாகும்போது COP அதிகமாகிறது.

(ii) குளிர்ப்பதனி இயங்கும்போது, பனிக்கட்டி உருவாகுவதால் T_2 குறைந்து கொண்டே வருகிறது. T_1 ஏறக்குறைய நிலையாக உள்ளது. எனவே COP குறைகிறது. குளிர்ப்பதனியில் பனிநீக்கம் **(defrost)** செய்யப்படும்போது T_2 அதிகமாகிறது.

எனவே, குளிர்ப்பதனியின் செயல்திறன் அதிகரிக்க பனிநீக்கம் செய்தல் மிகத் தேவையானது ஆகும்.

8.13 வெப்பம் பரவுதல்

வெப்பமானது ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு மூன்று வகைகளில் பரவுகிறது. அவை வெப்பக்கடத்தல் **(conduction)**, வெப்பச்சலனம் **(convection)** மற்றும் வெப்பக்கதிர்வீசல் **(radiation)** ஆகும்.

8.13.1 வெப்பக் கடத்தல்

திடப் பொருள்களில் வெப்பக்கடத்தல் முறையில் மட்டுமே வெப்பம் பரவுகிறது, திடப் பொருளின் ஒருமுனை வெப்பப்படுத்தப்படும்போது, அம்முனையிலுள்ள அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் அதிக கிளர்ச்சிக்கு உட்பட்டு அதிகமான வீச்சுடன் அதிர்வுறத் துவங்கும். இந்த மாறுபாடு அருகிலுள்ள மூலக்கூறுகளுக்குக் கடத்தப்படும்.

பயன்பாடுகள்

(i) இரட்டைச் சுவர்களுடைய எஸ்கிமோக்களின் வீடுகள் பனிக்கட்டியைக் கொண்டு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. வீட்டின் உட்புறமுள்ள வெப்பமானது, மிக்க குளிர்ந்த வெளிப்புறச் சூழலுக்கு மாற்றப்படுவதை இரட்டைச் சுவர்களுக்கிடையே அடைபட்டக் காற்று தடுக்கிறது.

(ii) குளிர்காலங்களில் பறவைகள் அவற்றின் இறக்கைகளை அடிக்கடி விரித்து மடக்குவதால் அவற்றின் இறக்கைகளுக்கும் உடலுக்கும் இடையே அடைபட்டுள்ள

காற்று, பறவைகளின் உடலில் இருந்து ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு குளிர்ந்த சூழலுக்கு மாற்றப்படுவதைத் தடுக்கிறது.

(iii) பனிக்கட்டிகளை சாக்குப்பைகள் அல்லது மரத்தூள்களில் வைத்திருப்பதால், மரத்தூள்களின் இடையே அடைபடுகின்ற காற்று, சூழலிலிருந்து வெப்பம் பனிக்கட்டிக்கு மாற்றப்படுவதைத் தடுக்கிறது. எனவே பனிக்கட்டி உருகுவதில்லை.

வெப்பக் கடத்து எண் (Coefficient of thermal conductivity)

சீரான குறுக்குப் பரப்பு A கொண்ட உலோகத் தண்டின் ஒரு முனை வெப்பப்படுத்தப்படுவதாகக் கருதுவோம். சிறிது நேரம் கழித்துத் தண்டின் ஒவ்வொரு பகுதியும் மாறாத வெப்பநிலையைப் பெறும். ஆனால் தண்டின் வெவ்வேறு பகுதிகள் வெவ்வேறான வெப்பநிலையைப் பெறும். இதுவே நிலையான நிலை **(Steady state)** ஆகும். இந்நிலையில் வெப்பம் உட்கவர்தல் மேலும் நடைபெறுவதில்லை.

Δx தொலைவில் உள்ள இரு பகுதிகளுக்கு இடையேயான வெப்பநிலை மாறுபாடு ΔT என்க. ΔQ அளவுள்ள வெப்பம் Δt காலத்தில் கடத்தப்படுகிறது எனில், வெப்பம் கடத்தும் வீதம் $\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)$

(i) தண்டின் குறுக்குப் பரப்பிற்கு (A) நேர்த்தகவிலும்

(ii) இரு பகுதிகளின் வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு (ΔT) நேர்த்தகவிலும்

(iii) இரு பகுதிகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவிற்கு (Δx) எதிர்த்தகவிலும் அமையும்.

மேற்கூறிய காரணிகளைக் கொண்டு

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

இதில் K என்பது மாறிலி, இதனை உலோகத்தின் வெப்பக் கடத்து எண் எனலாம்.

$\frac{\Delta T}{\Delta x}$ என்பது வெப்பநிலை வாட்டம் அல்லது வெப்பநிலைச் சரிவு (Temperature gradient) எனப்படும்.

$A = 1\ m^2$, $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ = ஓரலகு வெப்பநிலை வாட்டம் எனில்,

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = K \times 1 \times 1 \text{ அல்லது} K = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

ஒரு திண்மப் பொருளின் வெப்பக் கடத்து எண் என்பது அதன் ஓரலகுக் குறுக்குப் பரப்பின் வழியே ஓரலகு வெப்பநிலை வாட்டத்திற்கான வெப்பம் கடத்தப்படும் வீதத்திற்கு சமமாகும். இதன் அலகு $W\ m^{-1}\ K^{-1}$

8.13.2 வெப்பச்சலனம் (Convection)

பாய்மத்தில் உள்ள துகள்களின், இயக்கத்தின் மூலமாகவே வெப்பம், ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு மாற்றப்படும் நிகழ்வு, வெப்பச் சலனம் எனப்படும்.

பாய்மத்தை வெப்பப்படுத்தும்போது, வெப்பம் அடைந்த பகுதி விரிவடைவதால் குறைவான அடர்த்தியைப் பெறுகிறது. அப்பகுதி மேலே எழும்போது அவ்விடத்தை குளிர்ந்த மேற்பகுதிகள் நிரப்புகின்றன. மீண்டும் குளிர்ந்த பகுதிகள் வெப்பமேற்றப்படுவதால் அவை மேலெழும். அவ்விடத்தை குளிர்ந்த பகுதிகள் மீண்டும் நிரப்பும். இந்நிகழ்வு தொடர்ந்து நடைபெறும். இவ்வகையில் நடைபெறும் வெப்பமாற்றம், மூலக்கூறுகளின் இயக்கமின்றியே ஆற்றல் கடத்தல் நடைபெறும் வெப்பக் கடத்தல் முறையிலிருந்து மாறுபட்டதாகும்.

பயன்பாடுகள்

வீடுகளில் வெப்பக்காற்றை வெளியேற்றுவதற்கும் மற்றும் வீடுகளில் வெப்பமூட்டுவதற்கும், குளிர்வடையச் செய்தலுக்கும் வெப்பச் சலனம் முக்கிய பங்கினை ஆற்றுகின்றது.

8.13.3 கதிர்வீச்சு (Radiation)

பருப்பொருள் ஊடகத்தின் உதவியின்றி வெப்பம் மாற்றப்படும் நிகழ்வினை வெப்பக் கதிர்வீசல் என்கிறோம்.

வெப்பக் கதிர்வீச்சு

ஒரு பொருளிலிருந்து, அதன் வெப்பநிலை காரணமாக கதிர்வீச்சு முறையில் ஆற்றல் வெளிப்படுவது வெப்பக் கதிர்வீச்சு எனப்படும். வெப்பக்கதிர் வீச்சு பின்வருவனவற்றைச் சார்ந்துள்ளது.

(1) பொருளின் வெப்பநிலை, (2) கதிர்வீசும் பொருளின் தன்மை

வெப்பக் கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் $8 \times 10^{-7}\ m$ முதல் $4 \times 10^{-4}\ m$ வரை ஆகும். அவை மின்காந்த அலைகளின் நிறமாலையின் அகச்சிவப்புப் பகுதியில் அமைந்துள்ளது.

வெப்பக் கதிர்வீச்சின் பண்புகள்

(1) வெப்பக்கதிர்வீச்சு வெற்றிடம் வழியாகப் பரவும்.

(2) அவை நேர்க்கோட்டில் ஒளியின் திசைவேகத்தில் செல்கின்றன.

(3) அவற்றை எதிரொளிப்பு மற்றும் விலகல் அடையச் செய்யலாம். அவை குறுக்கீட்டு விளைவு மற்றும் விளிம்பு விளைவு நிகழ்வுகளை வெளிப்படுத்துகின்றன.

(4) அவை செல்லும்போது குறுக்கிடும் ஊடகம் வெப்பப்படுத்தப் படுவதில்லை.

(5) அவை எதிர்த்தகவு இருமடி விதிக்கு உட்படுகின்றன.

உட்கவர்திறன் மற்றும் கதிர்வீச்சுத் திறன்

உட்கவர்திறன் (Absorptive power)

குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தையும் வெப்பநிலையையும் கொண்ட ஒரு பொருளின் உட்கவர்திறன் என்பது ஓரலகு காலத்தில் *ஓரலகுப் பரப்பில் உட்கவரப்படும் வெப்பக் கதிர்வீச்சு ஆற்றலுக்கும், ஓரலகுக் காலத்தில், ஓரலகுப் பரப்பில் விழுகின்ற மொத்த ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.* இது a_λ என்று குறிக்கப்படுகிறது.

கதிர்வீச்சுத் திறன் (Emissive power)

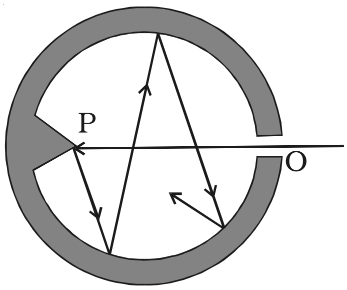
குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில், குறிப்பிட்ட அலைநீளக் கதிர்வீச்சிற்கு பொருளின் கதிர்வீச்சுத்திறன் என்பது ஓரலகு காலத்தில் ஓரலகுப் பரப்பிலிருந்து வெளிவிடப்படும் வெப்ப ஆற்றலாகும். இது e_λ எனக் குறிக்கப்படும். இதன் அலகு Wm^{-2}.

8.14 முழுக்கரும்பொருள் (Perfect black body)

முழுக்கரும்பொருள், அதன்மீது விழுகின்ற அனைத்து அலைநீளங்களும் உடைய வெப்பக் கதிர்வீச்சினை முழுமையாக உட்கா்கிறது. மற்றும் சூடேற்றப்படும்போது அனைத்து அலைநீளங்களையும் வெளிவிடுகிறது. முழுக்கரும்பொருள் எந்த வெப்பக்கதிர்வீச்சினையும் எதிரொளிப்பது அல்லது கடத்துவது இல்லை என்பதால் முழுக்கரும்பொருளின் உட்கவர்திறன் மதிப்பு ஒன்று ஆகும்.

8.14.1 ஃபெர்ரி கரும்பொருள் ***(Fery's black body)***

ஃபெர்ரியின் கரும்பொருள் ஓர் இரட்டைச் சுவராலான உள்ளீடற்ற கோளம் ஆகும். இக்கோளத்தின் ஒரு புறத்தில் O என்ற ஒரு சிறு திறப்பும், அதற்கு நேர்எதிரே கூம்பு வடிவ நீட்டிப்பு Pயும் உள்ளது (படம் 8.14). அதன் உட்புறம் புகைக்கரி மூலம் கருமையாக்கப் பட்டுள்ளது. கோளத்திலுள்ள திறப்பு "O" வழியாக நுழையும் கதிர்வீச்சுக்கள் கோளத்திலுள்ள உட்சுவர்களில் பல முறை எதிரொளிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு எதிரொளிப்பிலும் சுமார் 97% கதிர்வீச்சானது புகைக்கரியால் உட்கவரப்படுகிறது. எனவே, எதிரொளிப்பிற்குப் பிறகு கதிர்வீச்சு ஏறக்குறைய முழுவதும் உட்கவரப்படுகிறது. கூம்பு வடிவ நீட்டிப்பு மற்றும் திறப்பு "O" நேரடி எதிரொளிப்புகளைத் தவிர்க்கப் பயன்படுகின்றன. கோளம் நிலையான வெப்பநிலையில் உள்ள சூடேற்றப்பட்ட நீரில் வைக்கப்படும்போது, கதிர்வீச்சு துளையின் வழியே வெளியேறுகிறது. இத்துளை "O" ஆனது கரும்பொருள் உமிழியாகச் செயல்படுகிறது.



படம் 8.14 ஃபெர்ரியின் கரும்பொருள்

8.14.2 பிரிவோவின் வெப்பப் பரிமாற்றுக்கொள்கை ***(Prevost's theory of heat exchanges)***

வெப்பச் சமநிலை எனும் கருத்தினை வெப்பக் கதிர்வீச்சிற்கு பிரிவோ என்பவர் பயன்படுத்தினார். அவர் கருத்தின்படி ஒரு பொருள் வெப்பக்கதிர்வீசும் வீதம் அல்லது உட்கவரும் வீதம் அதன் பரப்பின் தன்மை, அதன் வெப்பநிலை, மற்றும் சூழலின் வெப்பநிலையைப் பொருத்து அமையும். ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது அதனால் வெளிவிடப்படும் மொத்தக் கதிர்வீச்சு ஆற்றலும் அதிகரிக்கிறது. உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளானது, சூழலிருந்து பெறும் வெப்ப ஆற்றலை விட அதிக அளவிலான வெப்ப ஆற்றலை வெளிவிடுகிறது. இதன் காரணமாகவே வெப்ப உலைகளுக்கு முன் நிற்கும் போது, ஒரு மிதமான வெப்பத்தை உணர்கிறோம்.

அதே போன்று குறைவான வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளானது, சூழலுக்கு இழக்கும் வெப்ப ஆற்றலைக் காட்டிலும் சூழலிலிருந்து அதிகமான வெப்ப ஆற்றலைப் பெறுகிறது. இதனால் தான் பனிக்கட்டிப் பாளத்தின் முன் நிற்கையில் குளிர்ச்சியை உணர்கிறோம்.

இவ்வாறு வெப்பநிலை அதிகரிப்பு அல்லது குறைதல் என்பது வெப்பக் கதிர்வீசல் பரிமாற்றத்தால் ஏற்படுகிறது. பொருளின் வெப்பநிலை, சூழலின்

வெப்பநிலைக்குச் சமமாக இருக்கும்போது வெப்பப் பரிமாற்றம் நின்றுவிடாது, இந்நிலையில் பொருளால் வெளியிடப்படும் வெப்ப ஆற்றல், அது உட்கவர்கின்ற வெப்ப ஆற்றலுக்குச் சமமாகும்.

ஒரு பொருள் தனிச்சுழி வெப்பநிலையில் (0 K அல்லது -273^{o} C) மட்டுமே கதிர்வீச்சு ஆற்றல் உமிழ்வதை நிறுத்தும். இந்த வெப்பநிலையில் மூலக்கூறின் இயக்க ஆற்றல் சுழியாகும்.

எனவே, பிரிவோவின் கொள்கையின்படி, தனிச்சுழி வெப்பநிலையைவிட அதிகமான வெப்பநிலையில் உள்ள அனைத்துப் பொருள்களும் அனைத்து வெப்பநிலைகளிலும் அவற்றின் சூழலின் தன்மை எவ்வாறாக இருப்பினும் வெப்பக் கதிர்வீச்சை உமிழும்.

8.14.3 கிர்ச்சாஃப் விதி (Kirchoff's law)

இவ்விதியின்படி, *ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தில் மற்றும் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் கதிர்வீச்சு திறனுக்கும் உட்கவர் திறனுக்கும் உள்ள தகவு அனைத்துப் பொருள்களுக்கும் மாறிலியாகும்.* இந்த மாறிலியானது, அதே வெப்பநிலையில் உள்ள மற்றும் அதே அலைநீளத்திற்கான முழுக்கரும் பொருள் ஒன்றின் வெப்பக் கதிர் வீச்சுத் திறனுக்குச் சமமாகும். எனவே, கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் λ அலைநீளத்திற்கான பொருளின் கதிர்வீச்சுத் திறன் e_{λ} எனவும், அதே வெப்பநிலையில் மற்றும் அதே அலைநீளத்திற்கான பொருளின் உட்கவர் திறன் a_{λ} எனவும், அதே வெப்பநிலையில் அதே அலைநீளத்திற்கான முழுக்கரும் பொருளின் கதிர்வீச்சுத் திறன் E_{λ} எனவும் கருதினால், கிர்ச்சாஃப் விதியின்படி

$$\frac{e_{\lambda}}{a_{\lambda}} = \text{மாறிலி} = E_{\lambda}$$

மேற்கண்ட தொடர்பிலிருந்து a_{λ}–வின் மதிப்பு அதிகமாக இருப்பின் e_{λ}ம் அதிகமாக இருக்கும் எனத் தெரிகிறது. அதாவது ஒரு பொருளானது குறிப்பிட்ட அலைநீளங் கொண்ட கதிர்வீச்சை மிக அதிக அளவில் உட்கவர்ந்தால் அது அதே அலைநீளங் கொண்ட கதிர்வீச்சை மிக அதிக அளவிலும் வெளிவிடுகிறது. சிறந்த வெப்பம் உட்கவரும் பொருள்கள், சிறந்த கதிர்வீச்சு உமிழிகளாகவும் உள்ளன.

கிர்ச்சாஃப் விதியின் பயன்பாடுகள்

(i) தெர்மாஸ் குடுவையில் பளபளப்பான வெள்ளிப்பூச்சு செய்யப்பட்ட சுவர்கள் இருப்பதால் அது வெப்பம் உட்கவர்தல் மற்றும் உமிழ்வதில் மிகக் குறைந்த திறனைப் பெற்றுள்ளன. எனவே அக்குடுவையிலுள்ள பனிக்கட்டி உடனடியாக உருகுவதில்லை. அதிலுள்ள சூடான திரவங்கள் விரைவில் குளிர்வதில்லை.

(ii) சோடியம் ஆவியானது வெப்பப்படுத்தப்பட்டால் இரு பொலிவான மஞ்சள் நிற வரிகளை வெளியிடுகின்றன. அவை சோடியத்தின் D_1 மற்றும் D_2 வரிகள் எனப்படும். தொடர்நிறமாலையைத் தரும் கார்பன் வில் விளக்கிலிருந்து வரும் வெள்ளொளி குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள சோடிய ஆவியின் வழி செலுத்தப்பட்டால் தொடர்நிறமாலையில் இரு அலைநீளங்கள் D_1 மற்றும் D_2 உட்கவரப்பட்டு கருமை வரிகளாகத் தோன்றும். இந்நிகழ்வு கிர்ச்சாஃப் விதியின்படி நடைபெறுகிறது.

*8.14.4 வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதி **(Wien's Displacement law)***

வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதியின்படி, பொருளின் வெப்பநிலை (T) அதிகரிக்கும்போது, பெரும ஆற்றலுக்குரிய அலைநீளமானது (λ_m) குறைகிறது.

$$\lambda_m \, T = b$$

இங்கு "b" என்பது வியன் மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு 2.898×10^{-3} m K

*8.14.5 ஸ்டீஃபனின் விதி **(Stefan's law)***

ஸ்டீஃபனின் விதியின்படி முழுக்கரும்பொருள் ஒன்றின் ஓரலகுப் பரப்பினின்றும் ஒரு நொடியில் வெளிவிடப்படும் மொத்த வெப்ப ஆற்றல் அதன் கெல்வின் வெப்பநிலையின் நான்மடிக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.

அதாவது $E \; \alpha \; T^4$ அல்லது $E = \sigma T^4$

இதில் σ என்பது ஸ்டீஃபனின் மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு 5.67×10^{-8} W m^{-2} K^{-4}.

இது ஸ்டீஃபன் போல்ட்ஸ்மன் விதி என்றும் அழைக்கப்படும். ஏனெனில் ஸ்டீஃபன் விதிக்கான கருத்தியல் விளக்கத்தை போல்ட்ஸ்மன் என்பவர் அளித்துள்ளார்.

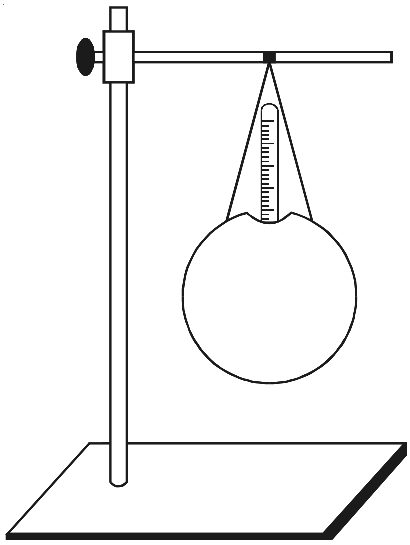
*8.14.6 நியூட்டனின் குளிர்வு விதி **(Newton's law of cooling)***

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியின்படி உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு பொருள் வெப்பத்தை இழக்கும் வீதம், அப்பொருளுக்கும் சுற்றுப்புறச் சூழலுக்கும் இடையிலுள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

இவ்விதியானது சிறிய வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு மட்டுமே பொருந்தும். கதிர்வீச்சு மூலம் ஏற்படும் இழப்பு, பொருளின் மேற்பரப்பின் தன்மையையும் பரப்பின் அளவையும் சார்ந்து உள்ளது.

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியைச் சரிபார்க்கும் ஆய்வு :

வெளிப்புறம் கருமை நிறம் பூசப்பட்ட 'm' நிறையுள்ள ஒரு கோளக் கலோரிமானியைக் கருதுவோம். அது 'm_1' நிறையுள்ள சூடானநீரால் நிரப்பப்படுகிறது. வெப்பநிலைமானியுடன் கலோரிமானி தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடப்படுகிறது (படம் 8.15).



படம் 8.15 நியூட்டனின் குளிர்வுவிதி

கலோரிமானி மற்றும் அதிலுள்ள சூடான நீர் ஆற்றலை கதிர்வீச்சு முறையில் இழக்கும். ஒரு நிறுத்து கடிகாரம் கொண்டு ஒவ்வொரு 30 நொடிக்கும் வெப்பநிலை 20^oC குறையும் வரை அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டு, அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.

கலோரிமானி மற்றும் நீரின் வெப்பநிலை T_1–லிருந்து T_2-விற்கு t நொடிகளில் குறைந்தால், கதிர்வீச்சினால் இழந்த வெப்ப ஆற்றல் $Q = (ms + m_1s_1)\ (T_1 - T_2)$. இங்கு கலோரிமானிப் பொருள் மற்றும் நீரின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள் முறையே s மற்றும் s_1 என்க.

$$\text{குளிர்வு வீதம்} = \frac{\text{இழந்த வெப்ப ஆற்றல்}}{\text{எடுத்துக் கொள்ளும் காலம்}}$$

$$\therefore \quad \frac{Q}{t} = \frac{(ms + m_1s_1)(T_1 - T_2)}{t}$$

அறைவெப்பநிலை T_o எனில் கலோரிமானியின் சராசரி வெப்பநிலைக்கும் சுற்றுப்புற சூழலுக்கும் இடையே சராசரி வெப்பநிலை மிகுதிப்பாடு

$\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_o\right)$ ஆகும்.

நியூட்டன் குளிர்வு விதிப்படி,

$$\frac{Q}{t}\ \alpha \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_o\right)$$

அட்டவணை 8.1 நியூட்டனின் குளிர்வு விதி

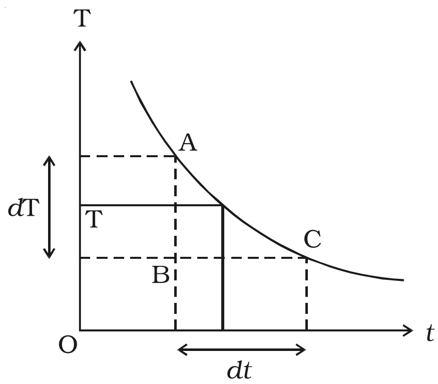
வெப்பநிலை வீச்சு	ஒவ்வொரு 4° வெப்பநிலைக் குறைவிற்கான காலம் t	சராசரி வெப்பநிலை மிகுதிப்பாடு $\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_o\right)$	$\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_o\right) t$

$$\frac{(ms + m_1 s_1)(T_1 - T_2)}{t} \ \alpha \ \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_o\right)$$

$$\therefore \ \frac{(ms + m_1 s_1)(T_1 - T_2)}{t\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_0\right)} = \text{மாறிலி}$$

ஒவ்வொரு 4°C வெப்பநிலை குறைவிற்கான காலம் குறிக்கப்படுகிறது. அட்டவணையின் இறுதிக் கட்டத்தில் உள்ளவை ஒரே மதிப்பினைக் கொண்டுள்ளன. இது நியூட்டனின் குளிர்வு விதியை நிரூபிக்கிறது.

காலத்தை X அச்சிலும் வெப்பநிலையை Y அச்சிலும் கொண்டு ஒரு குளிர்வு வளைவரைகோடு வரையப்படுகிறது படம் (8.16).



படம் 8.16 குளிர்வு வளைவரைக்கோடு

குளிர்வு வளைவரை கோட்டிலிருந்து, T வெப்ப நிலையில் குளிர்வு வீதம் $\frac{dT}{dt} = \frac{AB}{BC}$ ஆகும். குளிர்வு வீதம் $\frac{dT}{dt}$ என்பது $(T - T_o)$-க்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது. இவ்வாறாக நியூட்டனின் குளிர்வு விதி சரிபார்க்கப்படுகிறது.

8.15 சூரிய மாறிலி ***(Solar constant)***

சூரியமாறிலி என்பது வளிமண்டலம் இல்லாத போது புவிப்பரப்பின் மீது சூரியக் கதிர்வீச்சின் திசைக்கு நேர்க்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள முழுக்கரும்பொருள் ஒன்று ஒரு நொடியில் ஓரலகுப் பரப்பினால் பெறப்படும் கதிர்வீச்சு ஆற்றலின் அளவாகும்.

இது S என்று குறிக்கப்படுகிறது. இதன் மதிப்பு $1.388 \times 10^3\ W\ m^{-2}$. சூரியனின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலையை சூரியமாறிலியைக் கொண்டு கணக்கீடு செய்யலாம்.

சூரியனின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை

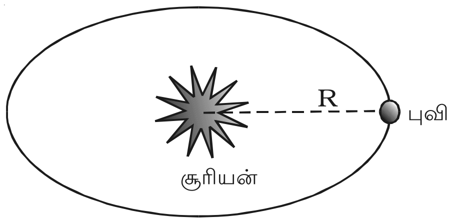
சூரியன் 'r' ஆரமும் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை Tயும் கொண்ட ஒரு முழுக்கரும்பொருள் எனக் கருதுக.

ஸ்டீஃபனின் விதிப்படி, சூரியனின் ஓரலகுப் பரப்பிலிருந்து, ஒரு நொடியில் வெளிவிடப்படும் வெப்ப ஆற்றல். σT^4க்குச் சமமாகும். σ என்பது ஸ்டீஃபன் மாறிலியாகும். சூரியனால் ஒரு நொடியில் கதிர்வீச்சு மூலம் வெளிவிடப்படும் மொத்த வெப்ப ஆற்றல்

E = சூரியனின் மேற்பரப்பு அளவு × σT^4

$$E = 4\pi r^2\ \sigma T^4 \qquad \ldots(1)$$

சூரியனை மையமாகக் கொண்ட கற்பனைக் கோளம் ஒன்றைக் கருதுவோம். சூரியனுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு R என்க (படம் 8.17). சூரியனிலிருந்து வரும் வெப்ப ஆற்றல், இந்தக் கோளத்தின் மேற்பரப்பு வழியே கடந்து செல்ல வேண்டியிருக்கிறது.



படம் 8.17 சூரியனின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை

S என்பது சூரிய மாறிலி எனில், ஓரலகு காலத்தில் இக்கோளத்தின் மீது விழும் வெப்ப ஆற்றல்

$$E = 4\pi R^2 S \qquad \ldots(2)$$

வரையறைப்படி, சமன்பாடு (1) மற்றும் (2) சமமாகும்.

$$\therefore\ 4\pi r^2 \sigma T^4. = 4\pi R^2 S$$

$$T^4 = \frac{R^2 S}{r^2 \sigma}$$

$$T = \left(\frac{R^2 S}{r^2 \sigma}\right)^{\frac{1}{4}} ; \; T = \left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{S}{\sigma}\right)^{\frac{1}{4}}$$

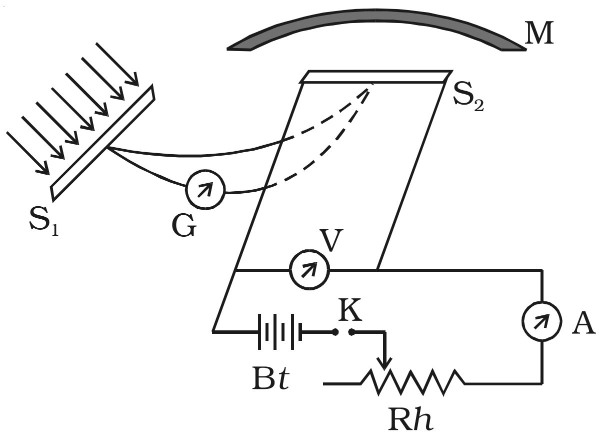
தெரிந்த மதிப்புகளான R, r, S மற்றும் σ மூலம் சூரியனின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலையைக் கணக்கிடலாம்.

8.15.1 ஆங்ஸ்ட்ராம் பைர்ஹீலியோ மீட்டர் (Angstrom Pyrheliometer)

பைர்ஹீலியோமீட்டர் எனும் கருவிமூலம் வெப்பக் கதிர்வீச்சு அளவினையும் சூரிய மாறிலியையும் அளந்திடலாம்.

பைர்ஹீலியோ மீட்டர் எனும் மிக எளிய துல்லியமான கருவியை ஆங்ஸ்ட்ராம் என்பவர் வடிவமைத்தார்.

ஆங்ஸ்ட்ராம் பைர்ஹீலியோ மீட்டரில் பரப்பளவு A கொண்ட ஒரே மாதிரியான உலோகப் பட்டைகள் S_1 மற்றும் S_2 உள்ளன. வெப்ப மின்னிரட்டையின் ஒரு சந்தி S_1 உடனும் மற்றொரு சந்தி S_2 உடனும் இணைக்கப்படுகிறது. நுண்ணுணர்வு மிக்க ஒரு கால்வனாமீட்டர் வெப்ப மின்னிரட்டையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.18 ஆங்ஸ்ட்ராம் பைர்ஹீலியோ மீட்டர்

படம் 8.18-ல் காட்டியபடி உலோகப்பட்டை ஒரு மின்சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. உலோகப்பட்டைகள் மீது சூரிய ஒளி படாதவாறு மூடி வைக்கப்பட்டுள்ள போது கால்வனா மீட்டரில் விலக்கம் ஏதுமில்லை. ஏனெனில் இரு பட்டைகளும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ளன. இப்போது S_1 மீது சூரியஒளி படுமாறும் மற்றும் S_2 மீது சூரியஒளி படாதவாறு M என்ற மூடியால் மறைத்தும் வைக்கப்படுகிறது. சூரியனிலிருந்து வரும் வெப்பக்கதிர்கள் S_1 மீது படுவதால்

அதன் வெப்பநிலை உயர்ந்து கால்வனா மீட்டரில் விலக்கம் காட்டப்படுகிறது. இப்போது S_2 வழியே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தி அதன் மதிப்பைச் சரிசெய்வதன் மூலம் கால்வனா மீட்டரில் சுழிவிலக்கம் காட்டுமாறு செய்யப்படுகிறது. இப்போது S_1 மற்றும் S_2பட்டைகள் மீண்டும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ளன.

ஓரலகுப் பரப்பில் ஓரலகு காலத்தில் S_1 பட்டை மீது விழுகின்ற வெப்பக் கதிர்வீச்சின் அளவு Q எனவும் அதன் உட்கவர் எண் a எனவும் கொண்டால், ஓரலகுக் காலத்தில் S_1 ஆல் உட்கவரப்பட்ட வெப்பக் கதிர்வீச்சின் அளவு QAa ஆகும்.

ஓரலகுக் காலத்தில் S_2 இல் உருவான வெப்பத்தின் அளவு VI எனலாம். இதில் V என்பது மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் I என்பது பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவாகும்.

உட்கவரப்பட்ட வெப்பம் = தோற்றுவிக்கப்பட்ட வெப்பம்

$$QAa = VI$$

$$Q = \frac{VI}{Aa}$$

V, I, A மற்றும் a இன் மதிப்புகளை அறிவதன் மூலம் Q–வின் மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம்.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

8.1 ஒரு வாயுவின் இருமடிமூலச் சராசரி இருமடித் திசைவேகம் (RMS திசைவேகம்) எந்த வெப்பநிலையில் படித்தர வெப்பநிலை அழுத்தத்தில் (NTP) உள்ளது போல் மூன்று மடங்காகும்?

தீர்வு : NTP இல்,, T_o = 273 K

RMS திசைவேகம் $C = \sqrt{\frac{3RT_o}{M}}$; $C = \sqrt{\frac{3R \times 273}{M}}$ ... (1)

வெப்பநிலை Tஇல், RMS திசைவேகம் மும்மடங்காகும் எனில்

$$3C = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \qquad \text{... (2)}$$

சமன்பாடு (2)ஐ (1)ஆல் வகுக்க

$$\frac{3C}{C} = \frac{\sqrt{\frac{3RT}{M}}}{\sqrt{\frac{3R \times 273}{M}}}$$ (அல்லது) $$3 = \sqrt{\frac{T}{273}}$$

T = 273 × 9 (அல்லது) T = 2457 K

8.2 NTPஇல் (இயல்பு வெப்பநிலை அழுத்தம்) 15 cm^3-ல் உள்ள நைட்ரஜனின் உரிமைப் படிகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு : *NTP* இல் *22400* cm^3 பருமன் அளவுள்ள வாயுவில் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை 6.02×10^{23} எனவே 15 cm^3 கன அளவுள்ள நைட்ரஜனில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$n = \frac{15}{22400} \times 6.023 \times 10^{23} = 4.033 \times 10^{20}$$

ஈரணு வாயு மூலக்கூறு 273 K வெப்பநிலையில் பெற்றுள்ள உரிமைப்படிகள் எண்ணிக்கை $f = 5$

15 cm^3 பருமனளவில் உள்ள வாயுவின் மொத்த உரிமைப்படிகள் = nf

∴ உரிமைப்படிகளின் மொத்த எண்ணிக்கை

$$= 4.033 \times 10^{20} \times 5 = 2.016 \times 10^{21}$$

8.3 T வெப்பநிலையில் 2 மோல் ஆக்ஸிஜன் மற்றும் 4 மோல் ஆர்கன் வாயுக்கள் சேர்ந்த கலவையாக வாயு உள்ளது. அதிர்வியக்க நிலையை புறக்கணித்துவிட்டால் வாயுத் தொகுப்பின் ஆற்றல் 11 RT எனக் காட்டுக. (R- பொதுவாயு மாறலி)

தீர்வு : ஆக்ஸிஜன் 5 உரிமைப்படிகள் கொண்ட ஈரணு மூலக்கூறு என்பதால் 2 மோல் ஆக்ஸிஜனில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் உரிமைப்படிகள் $= f_1 = 2\ N \times 5 = 10\ N$

ஆர்கன் ஓரணு மூலக்கூறு என்பதால் 4 மோல் ஆர்கனில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் உரிமைப்படிகள் $= f_2 = 4\ N \times 3 = 12\ N$

வாயுக் கலவையிலுள்ள மொத்த உரிமைப்படிகள் $= f = f_1 + f_2 = 22\ N$

ஆற்றல் சமபங்கீட்டு விதியின்படி, ஒவ்வொரு உரிமைப்படியுடன் சார்ந்த ஆற்றல் அளவு $= \frac{1}{2}\ kT$

$\therefore$ தொகுப்பின் மொத்த ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\ kT \times 22\ N = 11\ RT$

8.4 A மற்றும் B என்பன தொடர் இணைப்பில் செயற்படும் கார்னாட் இயந்திரங்கள். 600K வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்ப மூலத்திலிருந்து இயந்திரம் A, வெப்பத்தைப் பெற்று, T வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்ப ஏற்பிக்கு அளிக்கிறது. A அளித்த வெப்பத்தை இரண்டாவது இயந்திரம் B பெற்றுக்கொண்டு, அது 150 K வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்ப ஏற்பிக்கு வெப்பத்தை அளிக்கிறது. **(i)** இரு வெப்ப இயந்திரங்களின் வேலை வெளியீடும் சமமாக உள்ள போதும் **(ii)** இரு வெப்ப இயந்திரங்களின் இயக்குதிறனும் சமமாக உள்ள போதும் உள்ள வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு : **(i)** வேலை வெளியீடு சமமாக உள்ள போது முதல் வெப்ப இயந்திரத்திற்கு *(A)*, $W_1 = Q_1 - Q_2$

இரண்டாவது வெப்ப இயந்திரத்திற்கு *(B)* $W_2 = Q_2 - Q_3$

$W_1 = W_2$ (கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)

$\therefore\ Q_1 - Q_2 = Q_2 - Q_3$

இருபுறமும் Q_2ஆல் வகுக்க $\frac{Q_1}{Q_2} - 1 = 1 - \frac{Q_3}{Q_2}$

மேலும் $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{600}{T}$

மற்றும் $\frac{Q_2}{Q_3} = \frac{T}{150}$ $\left[\because \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}\right]$

$$\therefore \frac{600}{T} - 1 = 1 - \frac{150}{T}$$

$$\frac{600-T}{T} = \frac{T-150}{T}$$

$$\therefore \quad T = 375\ K$$

(ii) இரு வெப்ப இயந்திரங்களின இயக்குதிறன்கள் சமமாக உள்ள போது

$\eta_1 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ மற்றும் $\eta_2 = 1 - \frac{Q_3}{Q_2}$

$\eta_1 = \eta_2$ ஆக இருப்பதால்,

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_3}{Q_2}$$

$$1 - \frac{T}{600} = 1 - \frac{150}{T}$$

$$\frac{600-T}{600} = \frac{T-150}{T}$$

$$\frac{T}{600} = \frac{150}{T}$$

$$T^2 = 600 \times 150$$

$$\therefore T = 300\ K$$

8.5 50% இயக்குதிறன் கொண்ட கார்னாட் இயந்திரத்தில் வெப்பஏற்பி 7^o C வெப்பநிலையில் உள்ளது. இயக்குதிறனை 70% ஆக மாற்றுவதற்கு வெப்ப மூலத்தின் வெப்பநிலை எந்த வெப்பநிலைக்கு உயர்த்தப்பட வேண்டும்?

தகவல் : $\eta_1 = 50\ \% = 0.5$; $T_2 = 7 + 273 = 280K$; $\eta_2 = 70\% = 0.7$

தீர்வு : $\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$; $0.5 = 1 - \frac{280}{T_1}$; $\therefore T_1 = 560\ K$

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்ப மூலத்தின் வெப்பநிலை T_1' என்க.

$$\eta_2 = 1 - \frac{T_2}{T_1'} \ ; \ 0.7 = 1 - \frac{280}{T_1'} \ ; \therefore T_1' = 933.3\ K$$

வெப்பமூலம் உயர்த்தப்பட வேண்டிய வெப்பநிலை

$$933.3\ K - 560\ K = 373.3\ K$$

8.6 ஒரு கார்னாட் இயந்திரம் 177^o C மற்றும் 77^o C வெப்ப நிலைகளுக்கு இடையே வேலை செய்கின்றது. ஒவ்வொரு சுற்றிலும் இயந்திரமானது **4200 J** வெப்ப ஆற்றலை வெப்ப மூலத்திலிருந்து பெறுமாயின் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் வெப்ப ஏற்பிக்கு அளிக்கப்படும் வெப்பத்தினைக் காண்க. இயந்திரத்தின் இயக்குதிறன் மற்றும் அது செய்த வேலையின் அளவினைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $T_1 = 177^o\ C = 177 + 273 = 450\ K$

$T_2 = 77^o\ C = 77 + 273 = 350\ K$

$Q_1 = 4200\ J \quad Q_2 = ?$

தீர்வு : $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$$\therefore Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1} = 4200 \times \frac{350}{450}$$

$$Q_2 = 3266.67\ J$$

இயக்குதிறன் $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$$\eta = 1 - \frac{350}{450} = 0.2222 = 22.22\%$$

செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = Q_1 - Q_2 = 4200 - 3266.67$$

$$W = 933.33\ J$$

8.7 ஒரு கார்னாட் இயந்திரம் (i) $100\ K$ மற்றும் $500\ K$ (ii) $T\ K$ மற்றும் $900\ K$ வெப்பநிலைகளுக்கு இடையே செயற்படும்போது சம அளவிலான இயக்கு திறன்களைக் கொண்டுள்ளது எனில் T இன் மதிப்பினைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு : *(i)* $T_1 = 500\ K;\ T_2 = 100\ K$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{100}{500} = 1 - 0.2 = 0.8$$

(ii) $T_1 = 900\ K;\ T_2 = T$ மற்றும் $\eta = 0.8$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$0.8 = 1 - \dfrac{T}{900}$ அல்லது $\dfrac{T}{900} = 1 - 0.8 = 0.2$

$\therefore\ T = 180\ K$

8.8 **277K** இல் உள்ள குளிர்ப்பதனியின் **(Refrigerator)** உட்புற வெப்பமானது **300 K** வெப்பநிலையில் உள்ள அறைக்கு மாற்றப்படுகிறது. சீரிய முறையில் செலவழிக்கப்படும் ஒவ்வொரு ஜூல் மின்னாற்றலுக்கும் அறைக்கு அளிக்கப்பட்ட வெப்ப ஆற்றலின் அளவினை ஜூல்களில் கணக்கிடுக.

தகவல் : $T_1 = 300\ K\ ;\ T_2 = 277\ K$

தீர்வு : குளிர்ப்பதனியின் செயல்திறன் எண்

$$COP = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{277}{300-277} = 12.04 \qquad ...(1)$$

பயன்படுத்தப்பட்ட ஒவ்வொரு ஜூல் மின்னாற்றலுக்கும் Q_2 அளவு வெப்பம் குளிர்ப்பதனியின் உட்புறத்திலிருந்து பெறப்படுகின்றது என்க. ஒவ்வொரு ஜூல் மின்னாற்றலுக்கும், அறைக்கு அளிக்கப்படும் வெப்பத்தின் அளவு,

$$Q_1 = Q_2 + W = Q_2 + 1 \qquad (\because W = Q_1 - Q_2)$$

$$\therefore\ Q_1 - Q_2 = 1$$

குளிர்ப்பதனியின் செயல்திறன் எண் $= \dfrac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = Q_2 \qquad ...(2)$

சமன்பாடு (1) மற்றும் (2)லிருந்து

அதாவது $Q_2 = 12.04$

$$\therefore\ Q_1 = Q_2 + 1 = 12.04 + 1 = 13.04\ J$$

8.9 சம நீளமும் சமவெப்பநிலை வாட்டமும் கொண்ட வெவ்வேறு பொருளாலாகிய A மற்றும் B எனும் இரு தண்டுகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றின் முனைகளின் வெப்பநிலை T_1 மற்றும் T_2. A மற்றும் B வழியே பாயும் வெப்பம் சமமாக இருப்பதற்கான நிபந்தனையைக் காண்க.

தீர்வு : l நீளமுள்ள A மற்றும் B தண்டுகளின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள வெப்பநிலை மாறுபாடு $(T_1 - T_2)$–க்குச் சமமாக உள்ளது என்க.

இரு தண்டுகளின் வெப்பம் கடத்தும் வீதம் சமமாக இருப்பின்

$$\frac{K_1 A_1 (T_1 - T_2)}{l} = \frac{K_2 A_2 (T_1 - T_2)}{l}$$

$K_1 A_1 = K_2 A_2$ அல்லது $\frac{A_1}{A_2} = \frac{K_2}{K_1}$

அதாவது, சம அளவிலான வெப்பம் கடத்துவீதத்திற்கு இரு தண்டுகளின் குறுக்குப் பரப்பும் அதனதன் வெப்பக் கடத்து எண்ணுக்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.

8.10 ஒரு கனச் சதுர உலோகம் 60^o C-லிருந்து 52^o C–ஆக குளிர்வதற்கு 5 நிமிடம் ஆகிறது. சூழலின் வெப்பநிலை 32^o C–ஆக இருப்பின் அப்பொருளின் வெப்பநிலை 44^o C ஆக குறைவதற்கு எவ்வளவு காலம் எடுத்துக் கொள்ளும்?

தீர்வு : 60^o C லிருந்து 52^o C ஆக குறைவதற்கு

குளிர்வு வீதம் = $\frac{60-52}{5}$ $= 1.6^o$ C/நிமிடத்திற்கு

$= \frac{1.6^o\ C}{60}$ / நொடிக்கு

$\therefore$ குளிர்வின் போது சராசரி வெப்பநிலை $= \frac{60+52}{2} = 56^o$ C

சராசரி வெப்பநிலை மிகுதி $= 56 - 32 = 24^o$ C

நியூட்டன் குளிர்வு விதிப்படி, குளிர்வு வீதம் α வெப்பநிலை மிகுதி

குளிர்வு வீதம் = k (வெப்பநிலை மிகுதி)

$$\frac{1.6}{60} = k \times 24 \qquad ...(1)$$

உலோகக் கனசதுரம் 52^o C–லிருந்து 44^o C–ஆகக் குளிர்வதற்கு ஆகும் காலம் t நொடிகள் என்க.

$$\therefore \text{ குளிர்வு வீதம் } = \frac{52-44}{t} = \frac{8}{t}$$

$$\text{குளிர்வு அடையும்போது சராசரி வெப்பநிலை } = \frac{52+44}{2} = 48^o\ C$$

சராசரி வெப்பநிலை மிகுதி = $48 - 32 = 16^o\ C$

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியின்படி,

குளிர்வு வீதம் = $k \times$ (வெப்பநிலை மிகுதி)

$$\frac{8}{t} = k \times 16 \qquad \ldots(2)$$

சமன்பாடு (1)ஐ (2)ஆல் வகுக்க

$$\frac{1.6}{60} \times \frac{t}{8} = \frac{24}{16} \quad = 450\ s.$$

தன் மதிப்பீடு

(இந்தத் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பொருளிலிருந்து எந்தவொரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக்கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்.)

8.1 அவகட்ரோ எண் என்பது பின்வருவனவற்றுள் எதனுள் அமைந்த மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையாகும்?

(a) NTP உள்ள 1 லிட்டர் வாயுவில்

(b) வாயுவின் ஒரு மோலில்

(c) வாயுவின் ஒரு கிராமில்

(d) வாயுவின் ஒரு கிலோகிராமில்

8.2 வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதி எதன் அழிவின்மையால் உண்டாகும் விளைவு ஆகும்.

(a) உந்தம் *(b)* மின்னூட்டம்

(c) நிறை *(d)* ஆற்றல்

8.3 குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் ஹைடிரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் இவற்றின் RMS திசைவேகங்களின் தகவு

(a) 4 *(b)* $\frac{1}{4}$

(c) 16 *(d)* 8

8.4 வெப்ப மாற்றீடற்ற நிகழ்வின்போது, ஒரு தொகுதியின் மாற்றமடையாத பண்பு

(a) வெப்பநிலை *(b)* பருமன்

(c) அழுத்தம் *(d)* வெப்பம்

8.5 கிடைத்தளப்பரப்பில் நகரும் எறும்பு ஒன்றிற்கான மொத்த உரிமைப்படிகள்

(a) 1 *(b)* 2

(c) 3 *(d)* 6

8.6 ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் மூலக்கூறுகளுக்கான நேர்க்கோட்டு இயக்க ஆற்றல்

(a) $\frac{3}{2}RT$ (b) $\frac{2}{3}kT$

(c) $\frac{1}{2}RT$ (d) $\frac{3}{2}kT$

8.7 இயல்பு வாயு ஒன்றின் அக ஆற்றல் இருப்பது

(a) பகுதி இயக்க ஆற்றலாக பகுதி நிலையாற்றலாக

(b) முழுவதும் நிலையாற்றலாக

(c) முழுவதும் இயக்க ஆற்றலாக

(d) இரு தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்களின் தகவினைச் சார்ந்து

8.8 ஒரு இயங்கும் குளிர்ப்பதனி ஒரு மூடிய அறையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அறையின் வெப்பநிலை

(a) உயரும் (b) குறையும்

(c) மாறாது (d) அறையின் பரப்பினைச் சார்ந்திருக்கும்

8.9 ஒரு பீக்கர் முழுவதும் வெந்நீரால் நிரப்பப்பட்டு அறையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. 80^oC லிருந்து 75^oC க்கு t_1 நிமிடங்களிலும், 75^oC லிருந்து 70^oC க்கு t_2 நிமிடங்களிலும், 70^oC லிருந்து 65^oCக்கு t_3 நிமிடங்களிலும் குளிர்வடைந்தால்

(a) $t_1 = t_2 = t_3$ (b) $t_1 < t_2 = t_3$

(c) $t_1 < t_2 < t_3$ (d) $t_1 > t_2 > t_3$

8.10 கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது அதிகமான அளவில் வெப்பத்தைக் கதிர்வீசும்

(a) பளபளப்பான வெண்மைப்பரப்பு

(b) சொரசொரப்பான வெண்மைப் பரப்பு

(c) பளபளப்பான கருமைப் பரப்பு

(d) சொரசொரப்பான கருமைப் பரப்பு

8.11 இயல்பு வெப்பநிலையில் பனிக்கட்டி ஒரு அறையினுள் வைக்கப் பட்டிருப்பின் அது

(a) கதிர் வீசாது

(b) குறைவாக கதிர்வீசுகிறது. ஆனால் அதிகமாக உட்கவருகிறது

(c) உட்கவருவதைவிட அதிகமாக கதிர்வீசும்

(d) உட்கவரும் அளவு கதிர்வீசும்

8.12 வாயுக்களின் இயக்கவியல் கொள்கையின் எடுகோள்கள் யாவை?

8.13 வாயு மூலக்கூறின் சராசரி இயக்க ஆற்றலுக்கான தொடர்பினைப் பெறுக.

8.14 இரு வெவ்வேறான வாயுக்கள் ஒரே வெப்பநிலையில் இருப்பின் அவற்றின் மூலக்கூறுகள் ஒரே RMS வேகங்களைப் பெற்றிருக்குமா?

8.15 வாயுவின் அக ஆற்றலை விவரி. ஒரு முழு சுற்று நிகழ்வில் அதன் மதிப்பு யாது?

8.16 உரிமைப்படிகள் என்பவை யாவை?

8.17 ஆற்றல் பங்கீட்டு விதியைக் கூறுக. அறை வெப்ப நிலையில் ஈரணு வாயு ஒன்றிற்கு, அதன் இரு தன் வெப்ப ஏற்புத் திறன்களின் தகவு 7/5 என நிறுவுக.

8.18 சமவெப்பநிலை நிகழ்வு, வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வு இவைகளை வேறுபடுத்துக.

8.19 சமவெப்பநிலை நிகழ்வு - வரையறை தருக. இந்நிகழ்வில் செய்யப்படும் வேலைக்கான தொடர்பினைப் பெறுக.

8.20 ஒரு வாயு இரு தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களையும், திரவம் மற்றும் திண்மப் பொருள் ஒரேயொரு தன் வெப்ப ஏற்புத் திறனையும் கொண்டுள்ளன. ஏன்?

8.21 வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வில் ஒரு சுற்றில் செய்யப்படும் வேலைக்கான தொடர்பினைப் பெறுக.

8.22 மாறா அழுத்தத்தில் மோலார் தன் வெப்ப ஏற்புத் திறனை வரையறு.

8.23 மேயர் தொடர்பினைப் பெறுக.

8.24 சுட்டுப்படத்தின் வரையறை தருக.

8.25 மீள்செயல் முறை மற்றும் மீளாச் செயல் முறை இவற்றை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் வேறுபடுத்துக.

8.26 வெப்பத்தை அளிக்காமலேயே வாயுவின் வெப்பநிலையை அதிகரிக்க இயலுமா? விளக்குக.

8.27 ஸ்கூட்டர் ஒன்றினை வெகுநேரம் ஓட்டியபின் அதன் சக்கரத்திலுள்ள காற்றழுத்தம் சிறிது அதிகரிப்பதற்குக் காரணம் என்ன?

8.28 வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாவது விதி வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து எவ்விதம் மாறுபடுகின்றது?

8.29 கிளாசியஸ் கூற்றைக் கூறுக.

8.30 கார்னாட் இயந்திரத்தின் செயற்படும் விதம் மற்றும் அதன் இயக்குதிறனிற்கான தொடர்பினைப் பெறுக.

8.31 வெப்ப இறைப்பானுக்கு (Heat Pump) எடுத்துக்காட்டுத் தருக.

8.32 கொள்கை அளவில் மட்டுமே வெப்ப இயந்திரத்தின் இயக்குதிறன் 100% இருக்க இயலும். விளக்குக.

8.33 செயல்திறன் எண் (Coefficient of performance) என்பது யாது? இதற்கும் இயக்குத் திறனுக்கும் உள்ள தொடர்பினைப் பெறுக.

8.34 வீடுகளில் சாளரங்கள் (Ventillators) அமைப்பதன் நோக்கம் யாது?

8.35 வரையறு : வெப்பநிலை வாட்டம்.

8.36 வெப்பங்கடத்தும் நிகழ்வில் நிலையான நிலை என்பதை வரையறு.

8.37 வெப்பக்கடத்து எண் எக்காரணிகளைப் பொருத்துள்ளது?

8.38 கிர்ச்சாஃப் விதியின் பயன்பாடுகள் யாவை?

8.39 வரையறு : உட்கவர்திறன்.

8.40 ஸ்டீபன் விதியைக் கூறுக.

8.41 முழுக்கரும் பொருள் பற்றிய ஃபெர்ரியின் கருத்தை விளக்குக.

8.42 வியன் இடப்பெயர்ச்சி விதியைக் கூறுக.

8.43 நியூட்டனின் குளிர்வு விதியைக் கூறுக. இவ்விதியை சரிபார்க்கும் ஆய்வினை விளக்குக.

8.44 சிவப்பு நிறக் கண்ணாடித் துண்டானது வெப்பப்படுத்தப்பட்டு வெளியே எடுக்கப்பட்டால் பச்சை நிறத்துடன் ஒளிர்வது ஏன்?

8.45 வரையறு : சூரியமாறிலி.

8.46 வெப்பக் கதிர்வீச்சுமானி (Pyrheliometer) செயல்படும் விதத்தை விளக்குக.

கணக்குகள் :

8.47 320 K வெப்பநிலையிலுள்ள ஈரணு வாயுவின் மூலக்கூறு ஒன்றின் நேர்க்கோட்டு இயக்கத்திற்கான இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

8.48 NTP–இல் ஹைடிரஜன் மூலக்கூறுகளின் RMS திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக. (NTP–இல் ஒரு மோல் ஹைடிரஜன் 22.4 லிட்டர் பருமனைக் கொண்டது)

8.49 NTP–இல் புழுதித் துகள்களின் RMS வேகம் $2.2 \times 10^{-2}\ m\ s^{-1}$ எனில் புழுதித் துகள்களின் சராசரி நிறையைக் கணக்கிடுக.

8.50 ஒரு மூலக்கூறின் நிறை $4 \times 10^{-26}\ kg$ மற்றும் அதன் RMS திசைவேகம் $400\ m\ s^{-1}$ எனில் *NTP*–இல் $10 \times 10^{-6}\ m^3$ பருமனைக் கொண்ட வாயுவில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை யாது?

8.51 NTP-ல் ஒரு மோல் ஹைடிரஜன் மூலக்கூறுக்கான நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தின் இயக்க ஆற்றலைக் கணக்கிடுக ($R = 8.31\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$).

8.52 ஒரு மோல் இயல்பு வாயு சமவெப்பநிலையில் இருமடங்காக விரிவடைய செய்யும் வேலையைக் கணக்கிடுக. வாயுவின் தொடக்க வெப்பநிலை 0^oC ($R = 8.31\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$).

8.53 3 வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கு காற்று அடைக்கப்பட்ட டயர் திடீரென்று வெடிக்கிறது. $\gamma = 1.4.$ மற்றும் விரிவுக்கு முன் காற்றின் தொடக்க வெப்பநிலை $27^o\ C$ எனில் விரிவடைந்தபின் அதன் வெப்பநிலை எவ்வளவு குறையும்?

8.54 *NTP*–இல் உள்ள குறிப்பிட்ட பருமன் கொண்ட உலர்ந்த காற்று

(i) சம வெப்பநிலை நிகழ்வு **(ii)** வெப்பமாற்றீடற்ற நிகழ்வுகளால் அதன் பருமன் மும்மடங்காக விரிவடைகிறது. ஒவ்வொரு நிகழ்விலும் இறுதி அழுத்தம், இறுதி வெப்பநிலைகளைக் கணக்கிடுக (காற்றின் $\gamma = 1.4$).

8.55 வாயு ஒன்று தொடக்கத்தில் இருந்த பருமனில் பாதியளவிற்கு திடீரென்று அமுக்கப்படுகிறது. தொடக்க வெப்பநிலை 300 K எனில் வெப்பநிலை அதிகரிப்பைக் கணக்கிடுக ($\gamma = 1.5$ என்க).

8.56 ஒரு அமைப்பானது $8.4\ kJ$ வெப்பத்தை உட்கவர்ந்து $500\ J$ வேலையைச் செய்கிறது. தொகுதியின் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டினைக் கணக்கிடுக.

8.57 ஒரு ரொட்டித் துண்டிலிருந்து பெறப்படும் ஆற்றலிருந்து செய்யப் படும் பயனுள்ள வேலை $4.2 \times 10^5\ J$ எனில் அதைப் பயன்படுத்தும்

60 kg நிறையுள்ள மனிதன் எவ்வளவு உயரம் ஏற முடியும் எனக் கணக்கிடுக (மனித உடலின் இயக்குதிறன் 28%)..

8.58 நம்முடைய விண்மீன் திரளில் உள்ள குறிப்பிட்ட விண்மீனிலிருந்து வெளியிடும் பெரும ஆற்றலுக்கான அலைநீளம் $1.449 \times 10^{-5} cm$ எனில் விண்மீனின் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக

8.59 வெப்பம் ஏற்றப்பட்ட கோளகப் பொருளின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை 1000 K எனில் எந்த வீதத்தில் அதன் ஆற்றல் கதிர்வீசப்படுகிறது? $(\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4})$.

8.60 மின் அடுப்பு ஒன்றின் மேற்பகுதியின் எதிரெதிர் பக்கங்கள் $100^o\ C$ வெப்பநிலை மாறுபாட்டில் உள்ளன. மேற்பகுதியின் பரப்பு $300\ cm^2$ மற்றும் அதன் தடிமன் 0.2 cm எனில் ஒரு நிமிடத்தில் அதன் மேற்பரப்பு வழியாக பாயும் வெப்பத்தின் அளவு யாது? $(K = 0.2\ W\ m^{-1}\ K^{-1})$

8.61 சூழலின் வெப்பநிலை 27^oC. 227^oC வெப்பநிலையில் கருமையிடப்பட்ட உலோகக் கோளகத்தின் வெப்ப இழப்பு வீதத்திற்கும், 127^oC–இல் அதே கோளகத்தின் வெப்ப இழப்பு வீதத்திற்கும் உள்ள தகவினைக் கணக்கிடுக.

8.62 இரு பொருள்களின் ஓரலகுப் பரப்பிலிருந்து வெளியிடப்படும் கதிர்வீச்சு ஆற்றல்களின் தகவு 16:1. இதில் அதிக வெப்பமுடைய பொருளின் வெப்பநிலை $1000\ K$ எனில் மற்றதன் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக. குறிப்பு : $E \propto (T^4 - T_0^4)$

8.63 சூரியனின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக. $(\lambda_m = 4753\ \text{Å})$.

8.64 $60^o\ C$ லிருந்து $50^o\ C$ ஆக குளிர்வதற்கு வெப்பப்படுத்தப்பட்ட திண்மம் எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் 10 நிமிடங்கள், அறையின் வெப்பநிலை $20^o\ C$ எனில் $40^o\ C$க்கு அப்பொருள் குளிர்வதற்கு ஆகும் கூடுதல் காலத்தினைக் கணக்கிடுக.

8.65 ஒரு பொருள் வெப்பப்படுத்தப்பட்டு குளிர்வடையச் செய்யப்படுகிறது. அதன் வெப்பநிலை 70^oC ஆக இருக்கும்போது குளிர்வு வீதம் நிமிடத்திற்கு 3^oC எனவும் அதன் வெப்பநிலை 60^oC ஆக இருக்கும்போது குளிர்வு வீதம் நிமிடத்திற்கு 2.5^oC எனவும் இருப்பின் சூழலின் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடுக.

விடைகள்

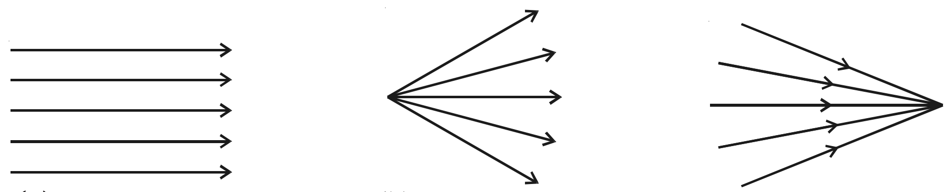
8.1 (b)	**8.2** (d)	**8.3** (a)
8.4 (d)	**8.5** (b)	**8.6** (a)
8.7 (c)	**8.8** (a)	**8.9** (c)
8.10 (d)	**8.11** (b)	

8.47	6.624×10^{-21} J	**8.48**	1845 $m\ s^{-1}$
8.49	2.335×10^{-17} kg	**8.50**	4.748×10^{20}
8.51	3.403×10^{3} J	**8.52**	1572.6 J
8.53	80.8 K		
8.54	3.376×10^{4} N m^{-2} ; 273 K ; 2.171×10^{4} N m^{-2} ; 176 K		
8.55	124.2 K	**8.56**	7900 J
8.57	200 m	**8.58**	20000 K
8.59	5.67×10^{4} W m^{-2}	**8.60**	18 K J
8.61	31 : 10	**8.62**	500 K
8.63	6097 K	**8.64**	840 நொடிகள்
8.65	10^{o} C		

9. கதிர் ஒளியியல்

ஒளிக் கதிர்கள் மற்றும் கற்றைகள்

ஒளிக் கதிரின் திசை என்பது ஒளி ஆற்றல் செல்லக் கூடிய திசையாகும். நடைமுறையில் ஒளிக்கதிரானது அளவிட முடியாத அளவிற்கு மிகச் சிறிய அகலத்தைக் கொண்டது. மேலும், படத்தில் அது நேர்க்கோடாக குறிக்கப்படுகிறது. ஒளிக் கதிர்களின் தொகுப்பு ஒளிக்கற்றையாகும். தேடு விளக்கு (Search light) ஒன்று இணையான ஒளிக் கற்றைகளை உமிழ்கிறது (படம் 9.1a).ஒரு விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை அனைத்துத் திசைகளிலும் விரிவடைந்து செல்கிறது. (படம் 9.1b). ஒரு குவிலென்சு தன்மீது விழும் இணைக்கற்றைகளைக் குவிக்கிறது. (படம் 9.1c).



(a) *இணையான கற்றை* *(b)* *விரியும் கற்றை* *(c)* *குவியும் கற்றை*

படம் 9.1 **ஒளிக்கற்றைகள்**

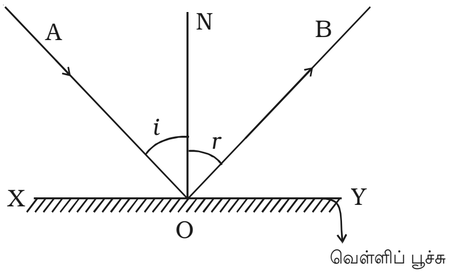
9.1 ஒளி எதிரொளிப்பு

நன்கு மெருகேற்றப்பட்ட உலோகப் பரப்புகள் தன் மீது விழும் ஒளியில் சுமார் 80% முதல் 90% வரை எதிரொளிக்கின்றன. ஆகையால் அன்றாடப் பயன்பாட்டில் உள்ள முகம் பார்க்கும் ஆடிகள், கண்ணாடியின் பின்புறம் வெள்ளிப் பூச்சு செய்யப்பட்டு உருவாக்கப்படுகின்றன. அமெரிக்காவில் கலிபோர்னியா மாகாணத்தில் பலோமர் மலையின் உச்சியில் ஹேல் தொலைநோக்கியில் உள்ள சுமார் 5 மீட்டர் குறுக்களவு கொண்ட, முகப்பு பரப்பு அலுமினியப் பூச்சு செய்யப்பட்ட கோளக ஆடி, உலகத்திலேயே மிகப் பெரிய எதிரொளிப்பான் ஆகும். கண்ணாடிகளும் ஒளியை எதிரொளிக்கும். ஆனால் வெள்ளிப் பூச்சு செய்யப்பட்ட கண்ணாடியுடன் ஒப்பிடும் போது சாதாரண கண்ணாடிகள் குறைவாகவே எதிரொளிக்கின்றன. கண்ணாடிப் பரப்பு சுமார் 5% மட்டுமே ஒளியை எதிரொளிக்கிறது.

9.1.1 எதிரொளிப்பு விதிகள்

AO என்ற ஒளிக்கதிர் XY என்ற சமதள ஆடியில் O என்ற புள்ளியில் விழுவதாகக் கொள்வோம். இக்கதிர் OB-யாக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. தொடுபுள்ளியில் ON என்ற

நேர்க்குத்துக் கோடு வரைக. படுகதிருக்கும், நேர்குத்துக் கோட்டிற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் AON என்பது, படுகோணம் i ஆகும் (படம் 9.2). எதிரொளிப்புக் கதிருக்கும், நேர்க்குத்துக் கோட்டிற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் BON என்பது எதிரொளிப்புக் கோணம் r ஆகும்.

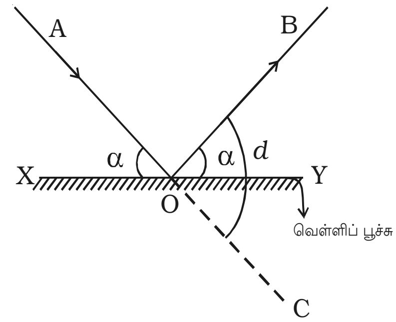


படம் 9.2 சமதள ஆடியில் எதிரொளிப்பு

சோதனைகளின் மூலம் கீழ்க்காண் எதிரொளிப்பு விதிகளை நிறுவலாம்.

(i) படுகதிர், எதிரொளிப்புக் கதிர் மற்றும் தொடுபுள்ளியில் எதிரொளிப்புத் தளத்திற்கு வரையப்பட்ட நேர்க்குத்துக்கோடு ஆகியவை ஒரே தளத்தில் அமையும்.

(ii) படுகோணம், எதிரொளிப்புக் கோணத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். அதாவது ($i = r$)



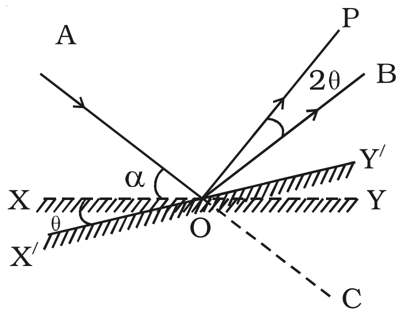
படம் 9.3 சமதள ஆடியில் ஒளியின் திசைமாற்றம்

9.1.2 சமதள ஆடியில் ஒளியின் திசைமாற்றம்

AO என்ற ஒளிக்கதிர் XY என்ற சமதள ஆடியில் O என்ற புள்ளியில் விழுவதாகக் கொள்வோம் (படம் 9.3). இக்கதிர் OB-யாக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. படுகதிர் AO சமதள ஆடி XY-யுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் AOX, தொடுகோணம் α எனப்படும். எதிரொளிப்புக் கோணம் படுகோணத்திற்குச் சமமாக இருப்பதால், எதிரொளிப்புக் கதிர் OB சமதள ஆடியுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் BOY, தொடுகோணம் α -க்கு சமமாக இருக்கும்.

ஒளிக்கதிர் AO திசையிலிருந்து OB திசைக்கு திசைமாற்றம் அடைகிறது. கோணம் COY = கோணம் AOX என்றிருப்பதால், திசைமாற்றக் கோணம் $d = 2\alpha$.

எனவே, பொதுவாக, ஒரு சமதள ஆடியில் அல்லது ஒரு சமதளத்தில் ஓர் ஒளிக்கதிர் அடையும் திசைமாற்றக் கோணம் தொடுகோணத்தின் இருமடங்காகும்.



படம் 9.4 ஆடியின் சுழற்சியால் ஒளியின் திசைமாற்றம்

9.1.3 ஆடியின் சுழற்சியால் ஒளியின் திசைமாற்றம்

AO என்ற ஒளிக்கதிர் XY என்ற சமதள ஆடியில் O என்ற புள்ளியில் விழுவதாகக்

கொள்வோம். இக்கதிர் OBயாக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. XY-யுடன் ஒளிக்கதிர் ஏற்படுத்தும் தொடுகோணம் α என்க (படம் 9.4).

மேலும் திசைமாற்றக் கோணம் COB = 2α.

ஆடியை மட்டும் θ கோணம் சுழற்றி $X'Y'$ என்ற நிலையை அடையச் செய்க. இந்தப் படுகதிர் AO தற்போது OPயாக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. இங்கு $X'Y'$-யுடன் தொடுகோணம் $(\alpha + \theta)$ ஆகும். எனவே புதிய திசைமாற்றக் கோணம் COP $=2\ (\alpha + \theta)$. இவ்வாறாக ஓர் ஆடி θ கோணம் சுழலும் போது எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளியும் BOP என்ற கோணம் சுழலுகிறது.

$$\angle BOP = \angle COP - \angle COB$$

$$\angle BOP = 2\ (\alpha + \theta) - 2\alpha = 2\theta$$

படுகதிர் ஒன்றிற்கு, ஆடியை குறிப்பிட்ட கோணத்திற்கு சுழற்றினால், எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிரானது அக்கோணத்தைப் போல் இருமடங்கு கோணம் சுழலும்.

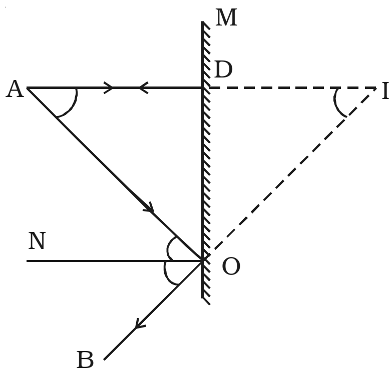
9.2 சமதள ஆடியில் பிம்பம்

படம் 9.5-ல் காட்டியவாறு, சமதள ஆடிக்கு முன்பாக பொருளொன்று புள்ளி A-யில் வைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம்.

பொருளிலிருந்து வெளிவரும் AO என்ற ஒளிக்கதிர் ஆடியில் பட்டு OB வழியாக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. O புள்ளியில் சமதள ஆடிக்கு ON என்ற குத்துக்கோடு வரைக.

படுகோணம் AON = எதிரொளிப்பு கோணம் BON.

AD என்ற மற்றொரு கதிர் ஆடியில் புள்ளி D-யில் நேர்க்குத்தாகப் பட்டு எதிரொளிக்கப்பட்டு DAயாக மீள்கிறது.



படம் 9.5 சமதள ஆடியில் பிம்பம்

BO- மற்றும் AD-யை பின்புறம் நீட்டினால் அவை I-யில் சந்திக்கும். இவ்வாறு ஆடி M-ல் எதிரொளிப்பு அடையும் கதிர்கள் ஆடிக்குப் பின்னால் I என்ற புள்ளியிலிருந்து வெளிவருவதாகத் தோன்றும்.

படத்திலிருந்து,

$\angle AON = \angle DAO$ என்பன ஒன்றுவிட்ட கோணங்கள் மற்றும்

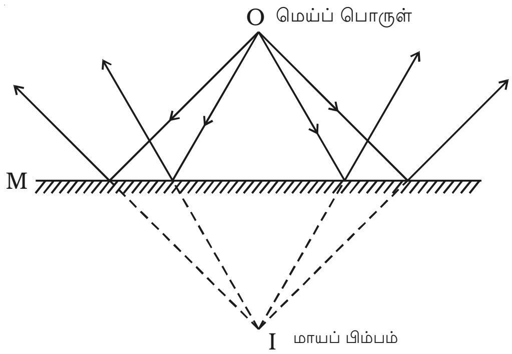
$\angle BON = \angle DIO$ என்பன ஒத்த கோணங்கள்

எனவே, $\angle DAO = \angle DIO$

முக்கோணங்கள் ODA மற்றும் ODI முழுதொத்தவை

$\therefore$ AD = ID

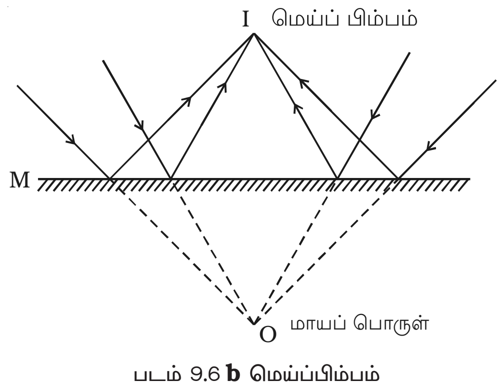
பொருளின் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைக்கு A மற்றும் D என்பன நிலையான புள்ளிகள் ஆகும். AD = ID என இருப்பதால், Iயும் நிலையானது. எனவே, AO = OI. ஆகவே சமதள ஆடியில், ஆடியிலிருந்து பொருள் இருக்கும் அதே செங்குத்துத் தொலைவில் ஆடிக்குப் பின்னால் பிம்பம் தோன்றும்.



படம் 9.6 **a** மாயப் பிம்பம்

9.2.1 மாய மற்றும் மெய்ப் பிம்பங்கள்

சமதள ஆடியின் முன் வைக்கப் பட்டுள்ள பொருளின் பிம்பம் ஆடிக்குப் பின்புறம் ஏற்படுகிறது. ஆடியில் எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்கள் உண்மையில் I-யில் சந்திப்பதில்லை. ஆனால் I-யில் சந்திப்பது போன்ற தோற்றம் ஏற்படுகிறது. இத்தகைய பிம்பத்தினை திரையில் காண இயலாது. ஏனெனில் பிம்பம் ஆடியின் பின்புறம் ஏற்படுகிறது. இவ்வகையான பிம்பம் மாயப் பிம்பம் எனப்படும் (படம் 9.6a).



படம் 9.6 **b** மெய்ப்பிம்பம்

குவியும் கற்றை சமதள ஆடியில் விழுந்தால் அவை எதிரொளிக்கப்பட்டு M என்ற ஆடியின் முன் படம் 9.6 b–யில் காட்டியபடி I என்ற புள்ளி வழியாகச் செல்கிறது. படம் 9.6 a–யில் ஒரு மெய்ப் பொருள் (விரிவடையும் கற்றை) மாயப்பிம்பத்தை ஏற்படுத்துகிறது. படம் 9.6 b–யில் ஒரு மாயப் பொருள் (குவியும் கற்றை) மெய்ப் பிம்பத்தை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே, சமதள ஆடி, மெய்ப் பொருளின் மாயப் பிம்பத்தை மட்டும் ஏற்படுத்துவதில்லை. அது மாயப் பொருளின் மெய்ப் பிம்பத்தையும் ஏற்படுத்துகிறது.

9.2.2 சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பத்தின் சிறப்பியல்புகள்

(i) சமதள ஆடியில் தோன்றும் பிம்பம், ஆடியிலிருந்து பொருள் இருக்கும் அதே தொலைவில் ஆடிக்குப் பின்புறம் தோன்றுகிறது. ஆடியினுள் தோன்றும் பிம்பம் எப்பொழுதும் மாயப்பிம்பம் ஆகும்.

(ii) உருவாகும் பிம்பம் இடவல மாற்றம் அடைந்ததாகும்.

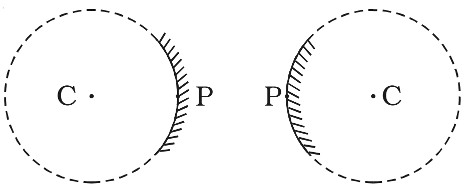
(iii) பொருளின் முழு பிம்பம் தெரிய வேண்டுமெனில், ஆடியின் அளவு பொருளின் அளவில் பாதியாவது இருக்க வேண்டும்.

(iv) சமதள ஆடி θ கோணம் சுழன்றால் எதிரொளிப்புக் கதிர் 2θ கோணம் சுழலும்.

(v) ஒன்றுக்கொன்று θ கோணம் சாய்வாக உள்ள இரு சமதள ஆடிகளுக்கு இடையே வைக்கப்பட்ட பொருள், $n = \frac{360^o}{\theta} - 1$ பிம்பங்களை ஏற்படுத்தும்.

9.3 கோளகப் பரப்புகளில் எதிரொளிப்பு

ஒளியியலில், உள்ளீடற்ற கோளத்தின் ஒரு பகுதியாக இருக்கும் வளைவு ஆடிகளைப் பற்றி அறிவது அவசியமானதாகும் (படம் 9.7). ஆடியின் ஒரு பரப்பு வெள்ளிப்பூச்சு செய்யப் பட்டுள்ளது. மறுபரப்பில் ஒளி எதிரொளிப்பு நடைபெறுகிறது. கோளத்தின் குழிந்த பரப்பில் எதிரொளிப்பு நடைபெற்றால் (கோளத்தின் மையத்தை நோக்கி) அது குழி ஆடி எனப்படும். கோளத்தின் குவிந்த பரப்பில் எதிரொளிப்பு நடைபெற்றால் (கோளத்தின் மையத்திலிருந்து வெளியே) அது குவி ஆடி எனப்படும். சமதள ஆடியின் எதிரொளிப்பு விதிகள் கோளக ஆடிகளுக்கும் பொருந்தும்.



படம் 9.7 குழி மற்றும் குவி ஆடி

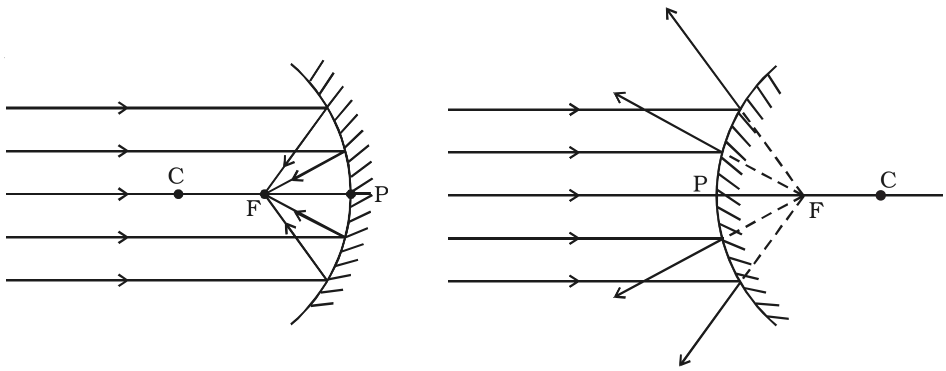
கோளக ஆடி, எந்தக் கோளத்தின் ஒரு பகுதியாக அமைகிறதோ அந்த கோளத்தின் மையம், கோளக ஆடியின் வளைவு மையம் (C) எனப்படும்.

கோளக ஆடியின் வடிவியல் மையம், ஆடி மையம் (P) எனப்படும்.

ஆடி மையம் மற்றும் வளைவு மையத்தை இணைக்கும் நேர்க்கோடு ஆடியின் முதன்மை அச்சு எனப்படும்.

கோளக ஆடி எந்தக் கோளத்தின் ஒரு பகுதியாக அமைகிறதோ, அந்தக் கோளத்தின் ஆரம், கோளக ஆடியின் வளைவு ஆரம் (R) எனப்படும். இது, கோளக ஆடியின் ஆடி மையத்திற்கும், வளைவு மையத்திற்கும் இடையே உள்ள தொலைவிற்குச் சமமாகும்.

முதன்மை அச்சிற்கு இணையாக வரும் ஒளிக்கற்றை கோளக ஆடியில் பட்டு எதிரொளிக்கப்பட்டபின் முதன்மை அச்சின் மீது எந்தப் புள்ளியில் குவிகிறதோ (குழி ஆடி) அல்லது எந்தப்புள்ளியில் இருந்து விரிந்து செல்வது போல் தோன்றுகிறதோ (குவிஆடி) அப்புள்ளி முதன்மைக் குவியம் (F) எனப்படும். ஆடி மையத்திற்கும் முதன்மைக் குவியத்திற்கும் இடையே உள்ள தொலைவு, ஆடியின் குவியத் தொலைவு (f) எனப்படும் (படம் 9.8).



படம் 9.8 முதன்மைக் குவியம்

9.3.1 கோளக ஆடி உருவாக்கும் பிம்பங்கள்

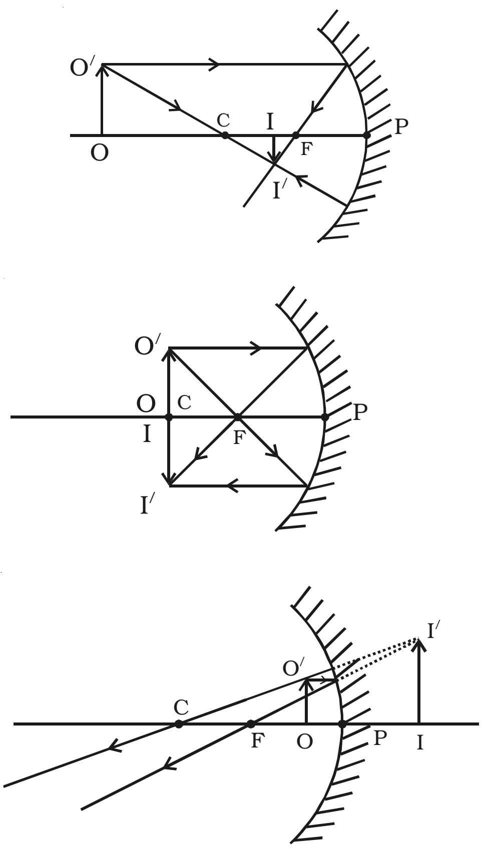
கோளக ஆடிகள், பொருளைவிடப் பெரிய அல்லது சிறிய மெய்ப் பிம்பங்களையோ அல்லது மாயப் பிம்பங்களையோ உருவாக்குகின்றன.

படம் 9.9–ல் காட்டியவாறு வரைபட முறையில் பிம்பத்தின் நிலையை அறிய கீழ்க்குறிப்பிட்டுள்ள ஏதேனும் இரண்டு மரபுகளைக் கையாள வேண்டும்.

(i) முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் குழி ஆடியில் எதிரொளிக்கப்பட்டபின் முதன்மைக் குவியம் வழியாகச் செல்லும். மேலும், குவி ஆடியில் முதன்மைக் குவியத்திலிருந்து விரிந்து செல்வது போல் தோன்றும்.

(ii) ஆடியின் வளைவு மையம் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர், எதிரொளிக்கப்பட்ட பின்பு அதே பாதையில் திரும்பிச் செல்லும்.

(iii) முதன்மைக் குவியம் வழியாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர் கோளக ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்பட்டபின் முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும்.

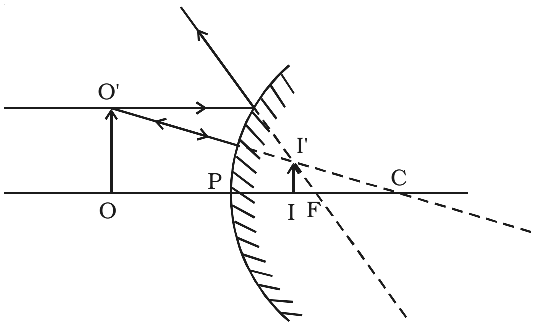


படம் 9.9 குழி ஆடியில் பிம்பங்கள் உருவாதல்

(iv) ஆடி மையத்தில் முதன்மை அச்சிற்கு i என்ற படுகோணத்தில் விழும் ஒளிக்கதிர், முதன்மை அச்சுடன் அதே அளவு கோணம் i ஏற்படுமாறு எதிரொளிக்கப்படும்.

9.3.2 குவி ஆடி தோற்றுவிக்கும் பிம்பம்

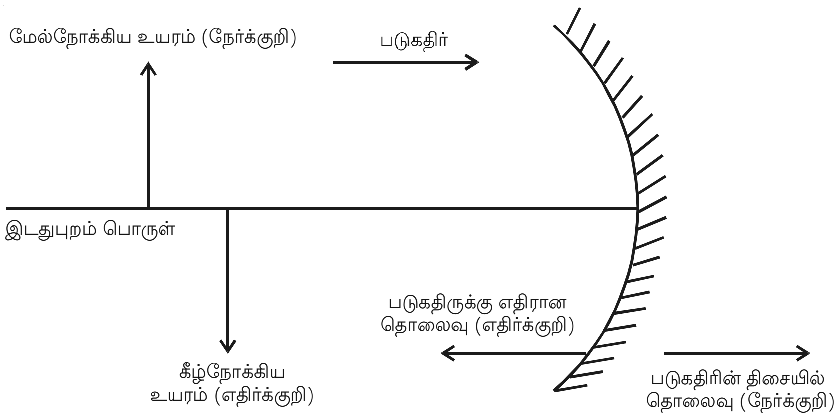
குவி ஆடியின் முன் பொருள் எங்கு வைக்கப்பட்டாலும், பிம்பம் எப்பொழுதுமே ஆடிக்குப் பின்புறம், நேரான, சிறிய அளவில் தோன்றுகிறது. பிம்பம் ஆடிமையத்திற்கும் அதன் முதன்மைக் குவியத்திற்கும் இடையில் உருவாகும் (படம் 9.10).



படம் 9.10 குவியாடியில் பிம்பம் உருவாதல்

பொதுவாக, மெய்ப் பிம்பங்கள் கோளக ஆடிக்கு முன்புறமும் மாயப் பிம்பங்கள் ஆடிக்குப் பின்புறமும் தோன்றுகின்றன.

9.3.3 கார்ட்டிசியன் **(Cartesian)** குறியீட்டு மரபு



படம் 9.11 குறியீட்டு மரபு

கீழ்க்காண் குறியீட்டு மரபுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

(1) அனைத்து தொலைவுகளும் ஆடிமையத்திலிருந்து அளக்கப்படுகின்றன (லென்சில் ஒளி மையத்திலிருந்து அளக்கப்படுகின்றன)

(2) படுகதிரின் திசையில் அளக்கப்படும் தொலைவுகள் நேர்க்குறியாக கருதப்படுகின்றன.

(3) படுகதிரின் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் அளக்கப்படும் தொலைவுகள் எதிர்க்குறியாகக் கருதப்படுகின்றன.

(4) முதன்மை அச்சுக்கு செங்குத்தாக மேல் நோக்கி அளக்கப்படும் உயரங்கள் நேர்க்குறியாகக் கருதப்படுகின்றன.

(5) முதன்மை அச்சுக்கு செங்குத்தாக கீழ் நோக்கி அளக்கப்படும் உயரங்கள் எதிர்க்குறியாகக் கருதப்படுகின்றன.

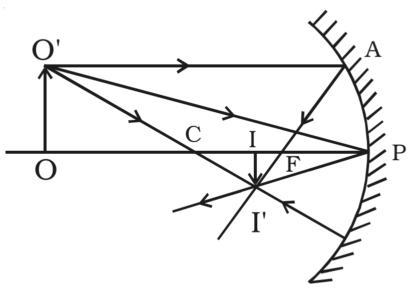
(6) பொருளின் அளவு எப்பொழுதும் நேர்க்குறியாகக் கருதப்படுகிறது. ஆனால் நேரான பிம்பம் நேர்க்குறியாகவும், தலைகீழான பிம்பம் எதிர்க் குறியாகவும் கொள்ளப்படுகிறது.

(7) உருப்பெருக்கம் நேரான (மாய) பிம்பத்திற்கு நேர்க்குறியாகவும், தலைகீழான (மெய்) பிம்பத்திற்கு எதிர்க்குறியாகவும் கொள்ளப்படுகிறது.

9.3.4 கோளக ஆடிகளில் u, v மற்றும் f-க்கு இடையே உள்ள தொடர்பு

கோளக ஆடியின் பொருளின் தொலைவு u, பிம்பத்தின் தொலைவு v மற்றும் குவியத் தொலைவு f ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் கணிதவியல் சமன்பாடு ஆடி சமன்பாடு எனப்படும்.

(i) குழி ஆடி - மெய்ப் பிம்பம்



படம் 9.12 குழியாடி - மெய்ப்பிம்பம்

குழி ஆடியின் முதன்மை அச்சில் C-க்கு அப்பால் OO′ என்ற பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்க. படுகதிர் மற்றும் எதிரொளிப்புக் கதிரின் பாதை படம் 9.12-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. O′A என்ற முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக் கதிர் P-க்கு அருகில் உள்ள A புள்ளியில் எதிரொளிக்கப்பட்டு குவியம் F வழியாகச் செல்கிறது. மற்றொரு ஒளிக் கதிர் O′C வளைவு மையம் வழியாகச் சென்று ஆடியில் நேர்க்குத்தாக விழுவதால் அதே பாதையில் மீண்டும் செல்கிறது. மூன்றாவது ஒளிக்கதிர் O′P ஆடி மையம் P-யில் பட்டு PI′ ஆக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. எதிரொளிக்கப்பட்ட மூன்று ஒளிக்கதிர்களும் I′ என்ற புள்ளியில் வெட்டிக் கொள்கின்றன. முதன்மை அச்சுக்கு I′I என்ற செங்குத்துக்கோடு வரைக. I′I என்பது OO′ என்ற பொருளின் தலைகீழான மெய்ப்பிம்பம் ஆகும்.

செங்கோண முக்கோணங்கள், $II'P$ மற்றும் $OO'P$ என்பன ஒத்த முக்கோணங்கள் ஆகும்.

$$\therefore \frac{II'}{OO'} = \frac{PI}{PO} \qquad \ldots (1)$$

செங்கோண முக்கோணங்கள் $II'F$ மற்றும் APF என்பன ஒத்த முக்கோணங்கள் ஆகும். (A என்ற புள்ளி P–க்கு மிக அருகில் உள்ளதால், AP ஒரு செங்குத்துக் கோடு)

$$\therefore \frac{II'}{AP} = \frac{IF}{PF}$$

$AP = OO'$ ஆகையால்,

$$\frac{II'}{OO'} = \frac{IF}{PF} \qquad \text{... (2)}$$

சமன்பாடு (1) மற்றும் (2)-ஐ ஒப்பிட,

$$\frac{PI}{PO} = \frac{IF}{PF} \qquad \text{... (3)}$$

ஆனால் $IF = PI - PF$

எனவே, சமன்பாடு (3)–லிருந்து,

$$\frac{PI}{PO} = \frac{PI - PF}{PF} \qquad \text{... (4)}$$

குறியீட்டு மரபைப் பயன்படுத்த, $PO = -u$,

$PI = -v$ மற்றும் $PF = -f$

சமன்பாடு (4)–ல் மதிப்புகளைப் பிரதியிட,

$$\frac{-v}{-u} = \frac{-v-(-f)}{-f} \quad \text{அல்லது} \quad \frac{v}{u} = \frac{v-f}{f} = \frac{v}{f} - 1$$

சமன்பாட்டின் இருபுறமும் v ஆல் வகுத்து, மாற்றி அமைக்க

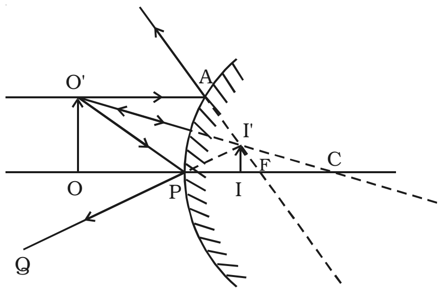
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

இந்தச் சமன்பாடு ஆடி சமன்பாடு எனப்படும். குழி ஆடியில் ஏற்படும் மாயப்பிம்பத்திற்கும் இச்சமன்பாட்டினைத் தருவிக்கலாம்.

(ii) குவி ஆடி - மாயப் பிம்பம்

குவி ஆடியின் முதன்மை அச்சின் மீது ஏதாவது ஒரு இடத்தில் பொருள் OO′ இருப்பதாகக் கருதுவோம். படுகதிரும் எதிரொளிப்புக் கதிரும் படம் 9.13 ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் O′A என்ற கதிர், குவி

ஆடியின் மீது P-க்கு அருகில் உள்ள A என்ற புள்ளியில் படுகிறது. எதிரொளித்த கதிர், குவியம் F-லிருந்து விரிந்து செல்வது போன்று தோன்றுகிறது. வளைவு மையம் C-யின் வழியாகச் செல்லும் O'C என்ற மற்றொரு கதிர், ஆடியின் மீது நேர்குத்தாக விழுந்து எதிரொளித்து அதே பாதையில் மீண்டும் வருகிறது. O′P என்ற மூன்றாவது கதிர், ஆடி மையம் P-யில் பட்டு (incident) PQ வழியாக எதிரொளிக்கிறது. மூன்று எதிரொளிப்புக் கதிர்களையும் பின்னோக்கி நீட்டினால், அவை I'–ல் வெட்டுவது போல் தோன்றும். முதன்மை அச்சுக்கு II' என்ற செங்குத்துக் கோடு வரைக. II' என்பது OO' என்ற பொருளின் மாயப் பிம்பம் ஆகும்.



படம் 9.13 குவி ஆடி– மாயப் பிம்பம்

II'P மற்றும் OO'P என்பன ஒத்த செங்கோண முக்கோணங்களாகும்.

$$\therefore \frac{II'}{OO'} = \frac{PI}{PO} \qquad \ldots (1)$$

புள்ளி A ஆடி மையம் P-க்கு அருகில் உள்ளது. எனவே AP என்பது செங்குத்துக் கோடாகும். II'F மற்றும் APF என்பனவும் ஒத்த செங்கோண முக்கோணங்களாகும்.

$$\therefore \frac{II'}{AP} = \frac{IF}{PF}$$

AP = OO' எனக் கருதும் போது,

$$\frac{II'}{OO'} = \frac{IF}{PF} \qquad \ldots(2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2) ஐ ஒப்பிட,

$$\frac{PI}{PO} = \frac{IF}{PF} \qquad \ldots (3)$$

ஆனால், IF = PF - PI

$$\therefore \frac{PI}{PO} = \frac{PF - PI}{PF}$$

PO = -u, PI = + v, PF = +f என்று குறியீட்டு மரபைப் பயன்படுத்த,

$$\frac{+v}{-u} = \frac{+f-(+v)}{+f} \quad \text{அல்லது} \quad -\frac{v}{u} = \frac{f-v}{f} = 1 - \frac{v}{f}$$

சமன்பாட்டின் இருபுறமும் v-ஆல் வகுத்த பிறகு மாற்றியமைக்க, $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$

இதனை, மாயப் பிம்பத்தை உருவாக்கும் குவி ஆடியின் ஆடிச் சமன்பாடு எனலாம்.

9.3.5 உருப் பெருக்கம்

பிம்பத்தின் அளவிற்கும் பொருளின் அளவிற்கும் இடையேயுள்ள தகவு என உயர அல்லது குறுக்கு உருப்பெருக்கத்தை வரையறுக்கலாம்.

h_1 மற்றும் h_2 என்பன பொருள் மற்றும் பிம்பத்தின் அளவுகள் எனில்,

$$\text{உருப்பெருக்கம்} = \frac{\text{பிம்பத்தின் அளவு}}{\text{பொருளின் அளவு}} = \frac{h_2}{h_1}$$

படம் 9.12 லிருந்து, $\frac{II'}{OO'}=\frac{PI}{PO}$

குறியீட்டு மரபுகளைச் செயல்படுத்த,

$II' = -h_2$ (கீழ்நோக்கி அளக்கப்படும் பொருளின் உயரம்)

$OO' = +h_1$ (மேல்நோக்கி அளக்கப்படும் பொருளின் உயரம்)

$PI = -v$ (படுகதிருக்கு எதிராக பிம்பத்தின் தொலைவு)

$PO = -u$ (படுகதிருக்கு எதிராக பொருளின் தொலைவு)

மேற்காண் மதிப்புகளைச் சமன்பாட்டில் பிரதியிட,

$$\text{உருப்பெருக்கம், } \mathrm{m} = \frac{-h_2}{+h_1}=\frac{-v}{-u}$$

$$\mathrm{m} = \frac{h_2}{h_1}=\frac{-v}{u}$$

நேரான பிம்பத்திற்கு உருப்பெருக்கம் நேர்க்குறி மற்றும் தலைகீழான பிம்பத்திற்கு உருப்பெருக்கம் எதிர்க்குறி ஆகும். குவி ஆடிக்கும் இந்நியதிகளை சரிபார்க்கலாம்.

ஆடி சமன்பாட்டைக் கொண்டும் உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டினைப் பெறலாம்.

$$m = \frac{h_2}{h_1}=\frac{-v}{u}=\frac{f-v}{f}=\frac{f}{f-u}$$

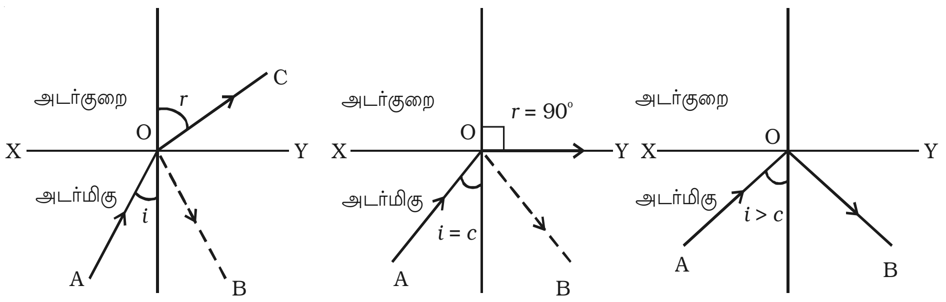
குழி மற்றும் குவி ஆடிகள் இரண்டிற்கும் இச்சமன்பாடு பொருந்தும்.

9.4 முழு அக எதிரொளிப்பு

AO என்ற ஒளிக்கதிர், ஒளியியல் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது, பிரிதளம் XY-ல், கதிரின் ஒரு பகுதி எதிரொளித்து அதே ஊடகத்திலும், ஒரு பகுதி விலகலடைந்து அடர்குறை ஊடகத்தில் OC வழியாகவும் செல்லும் (படம் 9.14).

படுகோணம் அதிகரிக்கப்பட்டால், விலகு கோணம் r-ம் அதிகரித்து, ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் r-ன் மதிப்பு 90^o என இருக்கும். தற்போது, விலகு கதிர் OC-யானது செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து மிக அதிகமாக விலகி, பிரிதளத்தின் வழியே செல்லும். பிரிதளத்தின் வழியாக விலகு கதிர் செல்லுமாறு அடர்மிகு ஊடகத்தில் அமையும் படுகோணம் மாறுநிலைக் கோணம் (c) எனப்படும்.

படுகோணம் மேலும் அதிகரிக்கப்பட்டால், ஒளிக் கதிர் விலகலடையாமல், முழுவதுமாக எதிரொளிக்கப்பட்டு அடர்மிகு ஊடகத்திலேயே செல்லும். இந்நிகழ்வு முழு அக எதிரொளிப்பு எனப்படும்.



படம் 9.14 முழு அக எதிரொளிப்பு

μ_d என்பது அடர்மிகு ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் எனில், ஸ்நெல் விதிப்படி, அடர்மிகு ஊடகத்தைச் சார்ந்து காற்றின் ஒளிவிலகல் எண்,

$$_d\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\frac{\mu_a}{\mu_d} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\frac{1}{\mu_d} = \frac{\sin i}{\sin r}$$ (ஏனெனில், காற்றின் $\mu_a = 1$)

$r = 90^o$ எனில் $i = C$ ஆகும்

$$\frac{\sin c}{\sin 90^o} = \frac{1}{\mu_d}$$ அல்லது $\sin c = \frac{1}{\mu_d}$ அல்லது $c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\mu_d}\right)$

அடர்மிகு ஊடகம் கண்ணாடியானால், $c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\mu_g}\right)$

எனவே, முழு அக எதிரொளிப்பு ஏற்பட **(i)** ஒளியானது அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்தினுள் செல்ல வேண்டும் மற்றும் **(ii)** அடர்மிகு ஊடகத்தினுள் படுகோணமானது மாறுநிலைக் கோணத்தை விட அதிகமாக இருக்க வேண்டும். அதாவது, $i > c$.

அட்டவணை 9.1 சில ஊடகங்களின் மாறுநிலைக் கோணங்கள்

(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

ஊடகம்	ஒளிவிலகல் எண்	மாறுநிலைக்கோணம்
நீர்	1.33	48.75^o
கிரவுன் கண்ணாடி	1.52	41.14^o
அடர்மிகு பிளிண்ட் கண்ணாடி	1.62	37.31^o
வைரம்	2.42	24.41^o

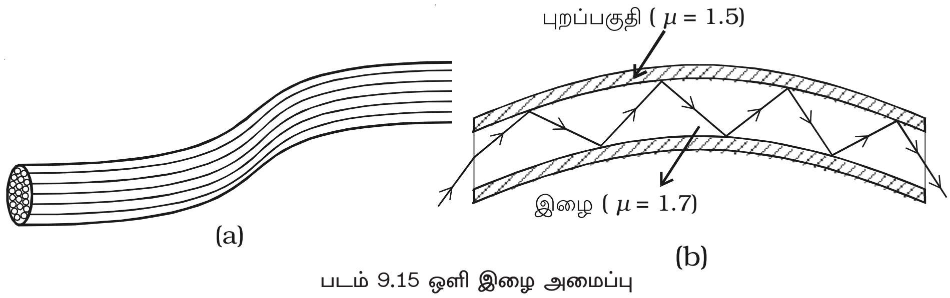
9.4.1 பயன்பாடுகள்

(i) வைரம்

வைரங்கள் மினுமினுக்க (ஜொலிக்க) முக்கியக் காரணம் முழு அக எதிரொளிப்பு ஆகும். காற்றைச் சார்ந்து வைரத்தின் ஒளிவிலகல் எண் 2.42 ஆகும். வைரத்தின் மாறு நிலைக்கோணம் 24.41^o. வைரத்தின் எந்தவொரு பக்கத்தின் வழியேயும் 24.41^o க்கும் அதிகமான கோணத்தில் ஒளிக்கதிர் செல்லும்போது முழு அக எதிரொளிப்பு அடைகிறது. தகுந்த அளவிற்கு வைரத்தை வெட்டுவதால் (பட்டை தீட்டுவதால்) பற்பல அக எதிரொளிப்புகள் ஏற்படும்.

(ii) ஒளி இழை அமைப்பு (optical fibre)

ஒளி இழை அமைப்பில், முழு அக எதிரொளிப்பு அடிப்படைத் தத்துவமாகும். ஒளி இழை என்பது மைக்ரோ மீட்டர் (10^{-6}m) அளவில் ஆரமுடைய மிக மெல்லிய கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்சுப் பொருளாலான நுண் குழாயாகும். இது போன்ற நுண்குழாய்கள் அடங்கிய கட்டு **(bundle)** ஒன்று ஒளிக்குழாய் எனப்படும். (படம் 9.15a)



படம் 9.15 ஒளி இழை அமைப்பு

ஒளி இழை (நூலிழை) அமைப்பினுள் ஒளி பரவும் தத்துவம் படம் 9.15b-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இழைக் குழாயின் உட்பகுதிப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் புறப்பகுதியின் (cladding) ஒளிவிலகல் எண்ணை விட அதிகம் ஆகும். ஒளி இழைக் குழாயின் ஒரு முனையினுள் சிறிய கோணத்தில் படும் ஒளிக்கதிர், உட்புறம் வழியாக மீண்டும் மீண்டும், பற்பல முழு அக எதிரொளிப்புகளுக்கு உட்பட்டு இறுதியில் மறுமுனை வழியாக வெளிவரும். புறப்பகுதியைச் சார்ந்து உட்பகுதிப் பொருளின் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட படுகோணம் அதிகமாக இருக்கும். ஒளி இழைக் குழாயை வளைத்தாலும் அல்லது முறுக்கினாலும் கூட, ஒளியானது எளிதில் குழாயின் வழியே கடந்து செல்லும்.

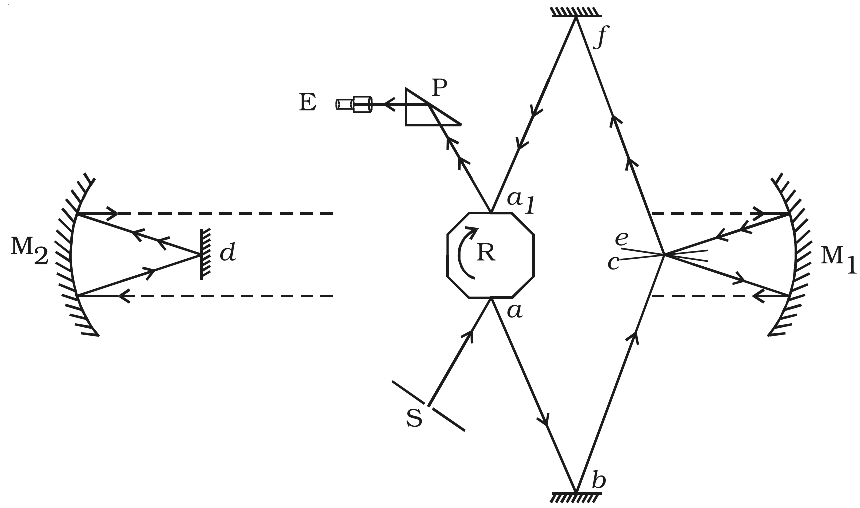
மருத்துவத்திலும், கண்களைச் சோதிப்பதிலும் ஒளிக் குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. செய்தித் தொடர்பு சைகைகளை பரப்புவதிலும் அவைகள் பயன்படுகின்றன.

9.5 மைக்கல்சன் முறை (Michelson's method)

அமெரிக்க இயற்பியலாளர், A.A. மைக்கல்சன் தனது வாழ்நாளில் பல ஆண்டுகளாக முயற்சித்து ஒளியின் திசைவேகத்தைக் கண்டறிந்தார். 1926 ல் அவர் உருவாக்கிய முறையே ஒளியின் திசைவேகத்தைத் துல்லியமாக கணக்கிடக் கூடியதாகும்.

சோதனையின் அமைப்பு படம் 9.16 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வில் விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளி, மெல்லிய பிளவு (S) வழியாகச் சென்று R என்ற எண் முக ஆடியில் a என்ற பக்கத்தில் பட்டு எதிரொளிக்கிறது. மேலும், ஒளியானது b மற்றும் c என்ற இரு சமதள ஆடிகளால் எதிரொளிக்கப்பட்டு, வில்சன் மலையின் மீதிருக்கும் M_1 என்ற குழியாடியால் இணையாக்கப்பட்டு செல்கிறது. இந்த இணைக் கற்றை 35 km தொலைவு சென்று செயின்ட் அந்தோனியா மலைமீதுள்ள மற்றொரு குழியாடி M_2-ன் மீது விழுந்து அதன் குவியத்தில் உள்ள d-என்ற சமதள ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. d-யில் இருந்து வரும் ஒளி, மீண்டும் M_2-ஆல் எதிரொளிக்கப்பட்டு குழியாடி M_1-ஐ அடைகிறது.

M_1-ல் எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி, மேலும் e மற்றும் f என்ற சமதள ஆடிகளால், எதிரொளிக்கப்பட்டு, எண்முக ஆடியின் a_1 என்ற எதிர்ப்பக்கத்தில் விழுகிறது.



படம் 9.16 மைக்கல்சன் முறை

முப்பட்டகம் P-யில் ஏற்படும் முழு அகஎதிரொளிப்பு காரணமாக வெளிவரும். இறுதியான பிம்பத்தை கண்ணருகு லென்சு E-யினால் காணலாம்.

எண்முக ஆடி ஓய்வு நிலையில் இருப்பின், பிளவின் பிம்பத்தை கண்ணருகு லென்சின் வழியாகக் காண முடியும். எண்முக ஆடி சுழலத் தொடங்கியவுடன் பிம்பம் மறைந்து விடுகிறது. ஆடி, ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது அறியப்பட்ட பிம்பம் போன்று மீண்டும் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு R-ன் சுழற்சியின் வேகத்தைச் சரிசெய்ய வேண்டும். சுழற்சியின் வேகம் ஸ்ட்ரோபோஸ்கோப் (stroboscope) என்ற கருவியினால் அளவிடப்படுகிறது.

பக்கம் a-யிலிருந்து பக்கம் a_1-க்குச் செல்வதற்குள் ஒளி கடந்து செல்லும் தொலைவு D மற்றும் ஒரு நொடியில் ஆடி R சுழன்ற சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கை n எனக் கொள்க.

எண்முக ஆடி 45^o கோணம் சுழல்வதற்கு அல்லது ஒரு சுழற்சியில் எட்டில் ஒரு பங்கு $(\frac{1}{8})$ சுழல்வதற்கு ஆகும் காலம் = $\frac{1}{8n}$

இந்தக் கால இடைவெளியில், ஒளி கடந்த தொலைவு = D

$\therefore$ ஒளியின் திசைவேகம், $c = \frac{\text{கடந்த தொலைவு}}{\text{காலம்}}$

$$c = \frac{D}{\frac{1}{8n}} = 8nD.$$

பொதுவாக, சுழலாடியில் N முகங்கள் (பக்கங்கள்) இருப்பின், ஒளியின் திசைவேகம் = NnD. ஒளியின் திசைவேகத்தின் மதிப்பு 2.99797×10^8 m s^{-1} என மைக்கல்சன் கணக்கிட்டார்.

9.5.3 ஒளியின் திசைவேகத்தின் முக்கியத்துவம்

வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்தின் மதிப்பு, அறிவியலில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. கீழ்க்காண் கருத்துக்களில் ஒளியின் திசைவேகம் பயன்படுகிறது.

(1) அதிர்வெண் அலைநீளத் தொடர்பு : $c = \nu\lambda$, என்ற தொடர்பிலிருந்து, மின்காந்தக் கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் அறியப்படின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

(2) திசைவேகத்தைச் சார்ந்து நிறை மாறுதல்: சார்புக் கொள்கைளின் படி, v திசைவேகத்தில் இயங்கும் துகளின் நிறையானது $m = \dfrac{m_o}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ என்ற தொடர்பின் படி மாறும். இதில் m_o என்பது துகளின் ஓய்வு நிலையில் நிறையாகும்.

(3) நிறை–ஆற்றல் தொடர்பு: $E = mc^2$ என்ற தொடர்பின்படி நிறையை ஆற்றலாகவும் ஆற்றலை நிறையாகவும் மாற்றலாம். அணுக்கரு பிளவிலும் அணுக்கரு இணைவிலும் வெளியாகும் ஆற்றல், இத்தொடர்பினைக் கொண்டு கணக்கிடப்படுகிறது.

(4) வானியற்பியலில் நெடுந்தொலைவினை அளவிடுதல் : வானியற்பியலில் தொலைவினை அறிய ஒளி ஆண்டு என்ற அலகு பயன்படுத்தப் படுகிறது. ஓர் ஆண்டில் ஒளி கடக்கும் தொலைவு ஒளி ஆண்டு எனப்படும். இதன் மதிப்பு 9.467×10^{15} m.

(5) ஒளி விலகல் எண் கணக்கிடுதல்: ஊடகம் ஒன்றின் ஒளி விலகல் எண்,

$$\mu = \frac{\text{வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசை வேகம்}}{\text{ஊடகத்தில் ஒளியின் திசை வேகம்}} = \frac{c}{v}$$

9.6 ஒளி விலகல்

ஊடுருவும் தன்மையுள்ள ஓர் ஊடகத்தில் இருந்து மற்றொரு ஊடகத்தினுள் ஒளி செல்லும் போது, ஊடகங்களின் பிரிதளத்தில் திசை மாறிச் (வளைந்து) செல்வதை ஒளி விலகல் என்கிறோம்.

ஒளி விலகல் நிகழ்வின் காரணமாகவே, கோளக லென்சுகளில் பிம்பம் உருவாகிறது. சமதளப் பரப்பிற்கான ஒளி விலகல் விதிகள் அனைத்தும் வளைவுப் பரப்பிற்கும் பொருத்தமாக இருக்கும். வளைவுப் பரப்புகளில் ஒளி விலகலுக்கான கோவைகளை வருவிக்கும் போது, கீழ்க்கண்டவற்றைக் கருத்தில் கொள்கிறோம்.

(i) படுகதிரானது ஒற்றைநிற ஒளியாகும்.

(ii) படுகின்ற ஒளிக் கற்றை மெல்லியதாகவும் முதன்மை அச்சிற்கு நெருக்க மாகவும் உள்ளது.

9.6.1 கார்ட்டிசியன் குறியீட்டு மரபு

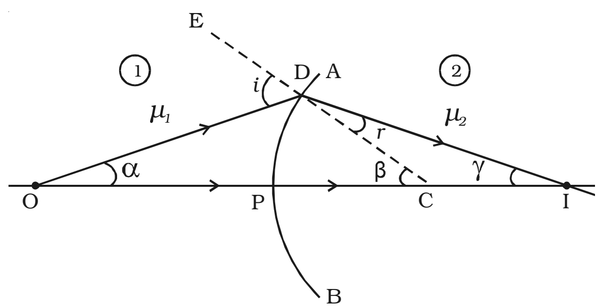
கோளக ஆடியில் பின்பற்றப்பட்ட குறியீட்டு மரபுகள் கோளகப் பரப்பில் ஒளிவிலகலுக்கும் பொருந்துகின்றன. அவை மட்டுமின்றி மேலும் இரு குறியீட்டு மரபுகள் உள்ளன.

(i) குவிக்கும் லென்சின் திறன் நேர்க்குறி எனவும் விரிக்கும் லென்சின் திறன் எதிர்க்குறி எனவும் குறிப்பிடப்படும்.

(ii) ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் எப்பொழுதுமே நேர்க்குறியாகும். இரண்டு விலகல்கள் ஏற்படும் போது, அவற்றின் ஒளி விலகல் எண்களின் வேறுபாடும் நேர்க்குறியாகும்.

9.6.2 கோளகப் பரப்பில் ஒளி விலகல்

μ_1 மற்றும் μ_2 என்ற ஒளிவிலகல் எண்கள் உடைய இரு ஊடகங்களை கோளகப் பரப்பு AB பிரிப்பதாகக் கருதுவோம் (படம் 9.17). பரப்பினை P-யில் வெட்டும் மற்றும் மையம் C வழியாகச் செல்லும் அச்சைப் பொருத்து AB பரப்பு சமச் சீராக உள்ளது. P என்ற புள்ளி பரப்பின் மையம் எனப்படும். பரப்பின் வளைவு ஆரம் R எனக் கொள்க.



படம் 9.17 கோளகப் பரப்பில் ஒளிவிலகல்

முதல் ஊடகத்தில் அச்சின் மீது உள்ள பொருளை புள்ளி O-வாகக் கருதுக. O-யிலிருந்து OP மற்றும் OD என்ற இரு கதிர்கள் புறப்படுவதாகக் கருதுக. OP என்ற கதிர் AB-க்கு நேர்க்குத்தாகப் படுவதால், விலகல் ஏதுமின்றி இரண்டாவது ஊடகத்தினுள் செல்லும். P-க்கு அருகில் உள்ள D-யில் OD என்ற கதிர் படுகிறது. ஒளி விலகலுக்குப் பிறகு, அது அச்சின் மீது I என்ற புள்ளியில் சந்தித்து பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது. CE என்பது D-யில் வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோடாகும். i மற்றும் r என்பன முறையே படுகோணம் மற்றும் விலகு கோணம் எனக் கருதுக.

$\underline{|DOP} = \alpha, \underline{|DCP} = \beta, \ \underline{|DIC} = \gamma$ எனக் கொள்க

P-க்கு அருகில் D இருப்பதால், கோணங்கள் α, β மற்றும் γ என்பன சிறியனவாகும். படம் 9.19–லிருந்து,

$$\tan\alpha = \frac{DP}{PO},\ \tan\beta = \frac{DP}{PC} \text{ மற்றும் } \tan\gamma = \frac{DP}{PI}$$

$$\therefore \alpha = \frac{DP}{PO},\ \beta = \frac{DP}{PC} \text{ மற்றும் } \gamma = \frac{DP}{PI}$$

ΔODC - யிலிருந்து, $i = \alpha + \beta$ ...(1)

ΔDCI - யிலிருந்து, $\beta = r + \gamma$ அல்லது $r = \beta - \gamma$ ...(2)

i மற்றும் r என்ற சிறிய கோணங்களுக்கு, $\frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$ என்ற ஸ்நெல் விதியை மாற்றியமைக்க, $\mu_1 i = \mu_2 r$ ... (3)

சமன்பாடுகள் (1), (2) மற்றும் (3) லிருந்து,

$$\mu_1 (\alpha + \beta) = \mu_2 (\beta - \gamma)$$

$$\mu_1\alpha + \mu_2\gamma = (\mu_2 - \mu_1)\beta \quad \text{... (4)}$$

α, β மற்றும் γ மதிப்புகளைச் சமன்பாடு (4)-ல் பிரதியிட,

$$\mu_1\left(\frac{DP}{PO}\right) + \mu_2\left(\frac{DP}{PI}\right) = \left(\mu_2 - \mu_1\right)\frac{DP}{PC}$$

$$\frac{\mu_1}{PO} + \frac{\mu_2}{PI} = \left(\frac{\mu_2 - \mu_1}{PC}\right) \quad \text{...(5)}$$

படுகதிரானது இடதுபுறமிருந்து வலதுபுறமாக வருவதால், இத்திசையை அச்சின் நேர்க்குறி திசையாகக் கருதலாம். எனவே u-வானது எதிர்க்குறி மற்றும் v-யும், R-ம் நேர்க்குறி ஆகும். $PO = -u$ $PI = +v$, $PC = +R$ மதிப்புகளை சமன்பாடு (5)-ல் பிரதியிட,

$$\frac{\mu_1}{-u} + \frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$$

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R} \quad \text{... (6)}$$

இச்சமன்பாடு, கோளகப் பரப்பில் ஒளி விலகலுக்கான பொதுவானச் சமன்பாடாகும்.

முதல் ஊடகம் காற்றாகவும் இரண்டாவது ஊடகம் ஒளிவிலகல் எண் μ-வை

உடையதாகவும் இருப்பின்,

$$\frac{\mu}{v} - \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{R} \quad \ldots(7)$$

9.6.3 மெல்லிய லென்சுகளில் ஒளிவிலகல்

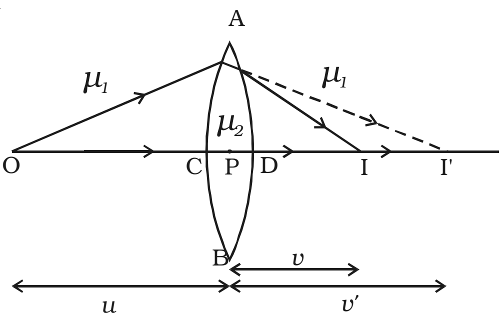
லென்சு என்பது நாம் நன்கு அறிந்த ஒளியியல் கருவியாகும். லென்சு என்பது ஒளி ஊடுருவும் பொருளாலான இரு கோளகப் பரப்புகளால் சூழப்பட்டதாகும். லென்சின் இரு பரப்புகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு மிகச் சிறியதெனில், அதனை மெல்லிய லென்சு எனலாம்.

C_1 மற்றும் C_2 என்பன இரு கோளகப் பரப்புகளின் வளைவு மையங்கள் மற்றும் அவற்றிற்குரிய வளைவு ஆரங்கள் R_1 மற்றும் R_2 எனக் கொள்க. C_1 மற்றும் C_2 -வை இணைக்கும் கோடு லென்சின் முதன்மை அச்சாகும். முதன்மை அச்சின் மீதுள்ள லென்சின் மையம் ஒளிமையம் எனப்படும்.

9.6.4 லென்சை உருவாக்குபவரின் சமன்பாடு மற்றும் லென்சு சமன்பாடு

μ_2 என்ற ஒளிவிலகல் எண் உடைய ஊடகத்தால் ஆக்கப்பட்ட மெல்லிய லென்சு ஒன்று, μ_1 என்ற ஒளிவிலகல் எண் உடைய ஊடகத்தினுள் வைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கருதுவோம். R_1 மற்றும் R_2 என்பன முறையே ACB மற்றும் ADB என்ற இரு கோளகப் பரப்புகளின் வளைவு ஆரங்கள் மற்றும் P-என்பது ஒளிமையமாக இருக்கட்டும்.

முதன்மை அச்சின் மீதுள்ள பொருளை புள்ளி O-வாகக் கருதுக. OP என்ற கதிர் கோளகப் பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தாகப் படுவதால், விலகல் ஏதுமின்றி லென்சு வழியாகச் செல்கிறது. P-க்கு அருகில் உள்ள A-யில் OA என்ற ஒளிக்கதிர்படுகிறது. ACB என்ற பரப்பில் விலகலடைந்த பிறகு I′-ல் பிம்பம் உருவாகிறது. ஆனால், அவ்வாறு நிகழ்வதற்கு முன்பே, ADB என்ற பரப்பினால் ஒளிக்கதிர் மறுபடியும் விலகலடையச் செய்யப்படுகிறது. எனவே, இறுதியாக பிம்பம் I-ல் உருவாகிறது (படம் 9.18).



படம் 9.18 லென்சில் ஒளிவிலகல்

கோளகப் பரப்பில் ஒளிவிலகலுக்கான பொதுவானச் சமன்பாடு,

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R} \quad \ldots(1)$$

ACB என்ற விலக்கு பரப்பிற்கு, சமன்பாடு (1)-லிருந்து,

$$\frac{\mu_2}{v'} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R_1} \quad \ldots(2)$$

ADB என்ற பரப்பிற்கு I' என்ற பிம்பம் மாயப் பொருளாகச் செயல்படுகிறது. இறுதியாக I–ல் பிம்பம் உருவாகிறது. ஒளிவிலகல் எண் μ_2 உடைய ஊடகத்திலிருந்து μ_1 உடைய ஊடகத்திற்கு ஒளி செல்லும்போது இரண்டாவது விலகல் ஏற்படுகிறது.

ADB என்ற விலக்கு பரப்பிற்கு, சமன்பாடு (1) குறியீட்டு மரபுகளுடன் எழுதப்பட,

$$\frac{\mu_1}{v} - \frac{\mu_2}{v'} = \left(\frac{\mu_2 - \mu_1}{-R_2}\right) \quad \ldots (3)$$

சமன்பாடுகள் (2) மற்றும் (3)-ஐக் கூட்டுக.

$$\frac{\mu_1}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \left(\mu_2 - \mu_1\right)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right]$$

μ_1 - ஆல் வகுக்க,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} - 1\right)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right] \quad \ldots(4)$$

பொருள் முடிவில்லாத் தொலைவில் இருப்பின், பிம்பம் லென்சின் குவியத்தில் உருவாகும். $u = \infty$ எனில், $v = f$ ஆகும்.

$$\therefore \frac{1}{f} = \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} - 1\right)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right] \quad \ldots(5)$$

ஒளிவிலகல் எண் μ உடைய லென்சினை காற்றில் வைக்கும் போது, $\mu_2 = \mu$ மற்றும் $\mu_1 = 1$.

$$\therefore \frac{1}{f} = \left(\mu - 1\right)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right] \quad \ldots(6)$$

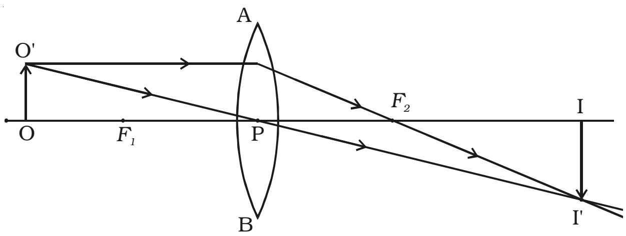
தேவையான குவியத் தொலைவு உடைய லென்சினை உருவாக்க, வடிவமைக்க வேண்டிய வளைவுப் பரப்பைப் பற்றி அறிய இச்சமன்பாடு உதவுவதால், இதனை லென்சு உருவாக்குபவர் சமன்பாடு என்கிறோம். இச்சமன்பாடு குழிலென்சிற்கும் பொருத்தமானதாகும்.

சமன்பாடுகள் (4) மற்றும் (5)-னை ஒப்பிட,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad \dots (7)$$

என்ற லென்சு சமன்பாடு பெறப்படுகிறது.

9.6.5 உருப்பெருக்கம்



படம் 9.19 உருப்பெருக்கம்

படம் 9.19-ல் காட்டியவாறு, OO' என்ற பொருள் முதன்மை அச்சின்மீது, அதன் உயரம் அச்சுக்கு செங்குத்தாக இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிமையம் வழியே செல்லும் ஒளிக்கதிர் OP, விலகலடையாமல் நேராகச் சென்று விடும். முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் $O'A$ என்ற கதிர், விலகலுக்குப் பிறகு குவியம் F_2 வழியாகச் செல்லும். $O'PI'$-ம் AF_2I'-ம் வெட்டும் இடத்தில் பிம்பம் உருவாகும். I'-லிருந்து முதன்மை அச்சுக்கு ஒரு செங்குத்துக் கோடு வரைக. II' என்பது OO'-ன் பிம்பமாகும்.

பிம்பத்தின் அளவிற்கும் பொருளின் அளவிற்கும் இடையேயுள்ள தகவு என உயர அல்லது குறுக்கு உருப்பெருக்கத்தை வரையறுக்கலாம். h_1 மற்றும் h_2 என்பன பொருள் மற்றும் பிம்பத்தின் உயரங்கள் எனில்,

$$\text{உருப்பெருக்கம், } m = \frac{\text{பிம்பத்தின் அளவு}}{\text{பொருளின் அளவு}} = \frac{II'}{OO'} = \frac{h_2}{h_1}$$

$OO'P$ மற்றும் $II'P$, என்ற ஒத்த செங்கோண முக்கோணங்களிலிருந்து,

$$\frac{II'}{OO'} = \frac{PI}{PO}$$

$II' = -h_2 ; OO' = +h_1 ; PI = +v ; PO = -u$ என்று குறியீட்டு மரபுகளைப் பயன்படுத்திய பிறகு

$$\text{உருப்பெருக்கம், } m = \frac{-h_2}{+h_1} = \frac{+v}{-u}$$

$$\therefore\ m = +\frac{v}{u}$$

மெய் பிம்பத்திற்கு உருப்பெருக்கம் எதிர்க்குறி மற்றும் மாயப் பிம்பத்திற்கு உருப்பெருக்கம் நேர்க்குறி ஆகும். குழிலென்சில் எப்பொழுதுமே நேர்க்குறி ஆகும்.

லென்சு சமன்பாட்டிலிருந்தும் உருப்பெருக்கச் சமன்பாட்டைப் பெறலாம்.

$$m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{v}{u} = \frac{f-v}{f} = \frac{f}{f+u}$$

இச்சமன்பாடு குழி மற்றும் குவிலென்சுகளுக்கும் மெய் மற்றும் மாய பிம்பங்களுக்கும் பொருந்தும்.

9.6.6 லென்சின் திறன்

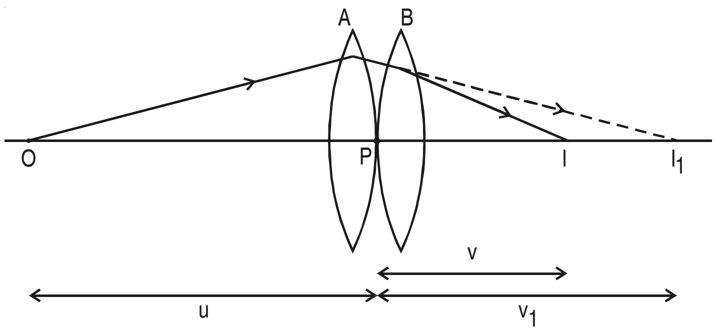
லென்சின் திறன் என்பது, அதன் மீது படும் ஒளியை குவிக்கும் அல்லது விரிக்கும் தன்மையை அளவிடும் ஒரு அளவுகோலாகும். குவியத் தொலைவின் தலைகீழி என லென்சின் திறனை வரையறுக்கலாம்.

$$P = \frac{1}{f}$$

திறனின் அலகு டையாப்டர் (D) ஆகும். $1\ D = 1\ m^{-1}$. 1 மீட்டர் குவியத் தொலைவு உடைய லென்சின் திறன் 1 டையாப்டர் ஆகும். குவிக்கும் லென்சின் திறன் நேர்க்குறியிலும் விரிக்கும் லென்சின் திறன் எதிர்க்குறியிலும் குறிப்பிடப்படும். எனவே, திருத்தப்பட்ட லென்சின் திறன் +0.5 *D* என கண் மருத்துவர் குறிப்பிடுவது, + 2 m குவியத் தொலைவு உடைய குவிலென்சு தேவை எனக் குறிப்பதாகும். -2.0 *D* என்பது -0.5 m குவியத் தொலைவு உடைய குழிலென்சு தேவை என்பதாகும்.

9.6.7 மெல்லிய லென்சுகளின் கூட்டமைப்பு

f_1 மற்றும் f_2 என்ற குவியத் தொலைவு உடைய *A* மற்றும் *B* என்ற இரு லென்சுகள் ஒன்றை மற்றொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு இருக்கட்டும். பொது முதன்மை அச்சின்மீது முதல் லென்சு A-வின் குவியத்திற்கப்பால் O என்ற புள்ளியில் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. லென்சு A பிம்பத்தை I_1-ல் உருவாக்குகிறது. இந்தப் பிம்பம் I_1 இரண்டாவது லென்சு



படம் 9.20 இரு மெல்லிய லென்சுகளால் பிம்பம் உருவாதல்

B-க்குப் பொருளாகச் செயல்படுகிறது. படம் 9.20-ல் காட்டியவாறு இறுதியான பிம்பம் I-ல் உருவாகிறது. லென்சுகள் மெல்லியனவாக இருப்பதால், P என்ற பொதுவான ஒளி மையத்தைக் கருதலாம்.

முதல் லென்சிலிருந்து பொருளின் தொலைவு $PO = u$ எனவும், இறுதிபிம்பத்தின் தொலைவு $PI = v$ எனவும், முதல் லென்சிலிருந்து பிம்பத்தின் தொலைவை இரண்டாவது லென்சின் பொருளின் தொலைவாக அதாவது, $PI_1 = v_1$ எனவும் கருதுக.

A என்ற முதல் லென்சு உருவாக்கும் I_1 பிம்பத்திற்கு ,

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} \qquad ...(1)$$

B என்ற இரண்டாவது லென்சு உருவாக்கும் I என்ற இறுதி பிம்பத்திற்கு,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_2} \qquad ...(2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)-னைக் கூட்டுக.

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \qquad ...(3)$$

கூட்டமைப்பிற்குப் பதிலாக F குவியத் தொலைவு உடைய தனியொரு லென்சு, பொருள் O-ன் பிம்பத்தை I-ல் உருவாக்கினால்,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{F} \qquad ...(4)$$

சமன்பாடுகள் (3) மற்றும் (4) -லிருந்து

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \qquad ...(5)$$

F என்பது கூட்டமைப்பிற்குச் சமமான லென்சின் குவியத் தொலைவாகும்.

இதுபோன்று, f_1, f_2, f_3 ... என்ற குவியத் தொலைவு உடைய பல மெல்லிய லென்சுகள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது, கூட்டமைப்பின் தொகுபயன் குவியத் தொலைவு,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \ ... \qquad ...(6)$$

சமன்பாடு (6)லிருந்து திறனுக்கான சமன்பாடு,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + ... \qquad ...(7)$$

தொட்டுச் கொண்டிருக்கும் லென்சுகளின் கூட்டமைப்பின் திறன், தனித்தனியான லென்சுகளின் திறன்களின் குறியியல் கூட்டுத்தொகையாகும்.

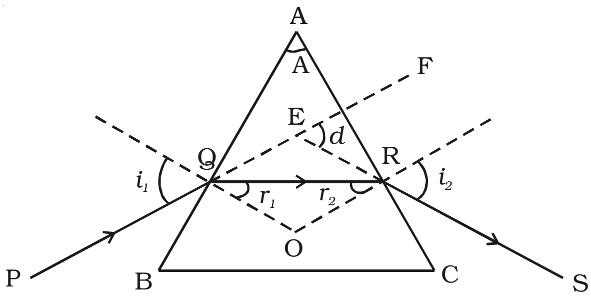
லென்சுகளின் கூட்டமைப்பு பொதுவாக, நுண்ணோக்கிகள், நிழற்படக் கருவிகள் (camera) தொலைநோக்கிகள் போன்ற ஒளியியல் கருவிகளில் பயன்படுகிறது.

9.7 முப்பட்டகம்

முப்பட்டகம் என்பது மூன்று சமதளப் பக்கங்களாலான ஒளி ஊடுருவும் ஊடகமாகும். மூன்று பக்கங்களில் ஒரு பக்கம் தேய்க்கப்பட்டிருக்கும். பளபளப்பாக்கப்பட்ட மற்ற இரு பக்கங்கள் விலக்கு முகங்கள் எனப்படும். இரு விலக்கு முகங்களுக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் முப்பட்டகக் கோணம் அல்லது விலக்கும் கோணம் எனப்படும். முப்பட்டகத்தின் மூன்றாவது பக்கம் அடிப்பகுதி எனப்படும்.

முப்பட்டகத்தின் வழியே ஒளிவிலகல்

காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள ABC என்ற முக்கோண வடிவ முப்பட்டகத்தின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் படம் 9.21–ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முப்பட்டகத்தின் விலக்கும் கோணம் A எனக் கருதுக. PQ என்ற படுகதிர் AB என்ற விலக்கு முகத்தில் பட்டு, QR வழியாக விலகலடைந்து RS வழியே விடுகதிராக வெளியேறுகிறது. இரு விலக்கு முகங்களில் படுகோணமும் விலகு கோணமும் முறையே i_1, r_1, r_2 மற்றும் i_2 ஆகும். படுகதிர் PQ–விற்கும் விடுகதிர் RS–ற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் திசைமாற்றக் கோணம் (d) எனப்படும்.



படம் 9.21 முப்பட்டகத்தின் வழியே ஒளிவிலகல்

ΔQER–ல் வெளிக்கோணம்

$$\underline{|FER} = \underline{|EQR} + \underline{|ERQ}$$

$$d = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

$\therefore \quad d = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2)$ ...(1)

AQOR என்ற நாற்கரத்தில், Q மற்றும் R–ல் உள்ள கோணங்கள் செங்கோணங்களாகும்.

$$\angle Q + \angle R = 180^o$$

$\therefore \quad A + \angle QOR = 180^o$ ...(2)

ΔQOR–ல் இருந்து

$r_1 + r_2 + \angle QOR = 180^o$ ...(3)

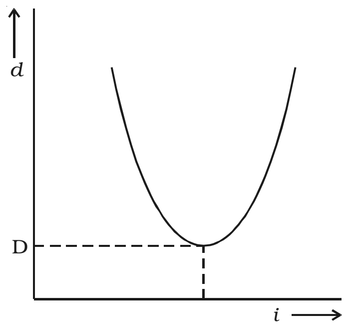
சமன்பாடுகள் (2) மற்றும் (3)லிருந்து

$r_1 + r_2 = A$ ...(4)

சமன்பாடு (1) மற்றும் (4)–லிருந்து

$$d = i_1 + i_2 - A$$

$A + d = i_1 + i_2$ ...(5)



படம் 9.22 i-d வரைபடம்

குறிப்பிட்ட முப்பட்டகமொன்றிற்கும், குறிப்பட்ட அலைநீளம் உடைய ஒளிக்கும் திசைமாற்றக் கோணமானது படுகோணத்தைச் சார்ந்தது.

படுகோணம் *i*–யை மெல்லமெல்ல அதிகரிக்க, திசை மாற்றக்கோணம் d குறைந்து, சிறும மதிப்பு D–யை அடைந்து பிறகு அதிகரிக்கும். D என்பது சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணமாகும். திசைமாற்றம் சிறுமமாக இருக்கும்போது ஒரு படுகோணம் மட்டுமே இருக்கும் என்பது படம் 9.22–லிருந்து அறியப்படுகிறது.

சிறுமத் திசைமாற்ற நிலையில், முப்பட்டகத்தின் அடிப்பகுதியைப் பொருத்து படுகதிரும் விடுகதிரும் சமச்சீராக இருக்கும். அதாவது, QR என்ற விலகுகதிர் முப்பட்டகத்தின் அடிப்பகுதிக்கு இணையாக இருக்கும்.

சிறுமத் திசைமாற்ற நிலையில்

$i_1 = i_2 = i$ மற்றும் $r_1 = r_2 = r$

சமன்பாடு (4) லிருந்து $2r = A$ அல்லது $r = \dfrac{A}{2}$

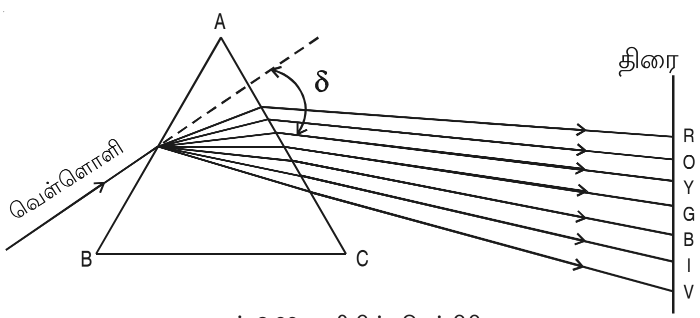
சமன்பாடு (5) லிருந்து $2i = A + D$ அல்லது $i = \frac{A+D}{2}$

ஸ்நெல் விதியின்படி ஒளிவிலகல் எண் $\mu = \frac{\sin\ i}{\sin r}$

$$\therefore \quad \mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

9.8 ஒளியின் நிறப்பிரிகை

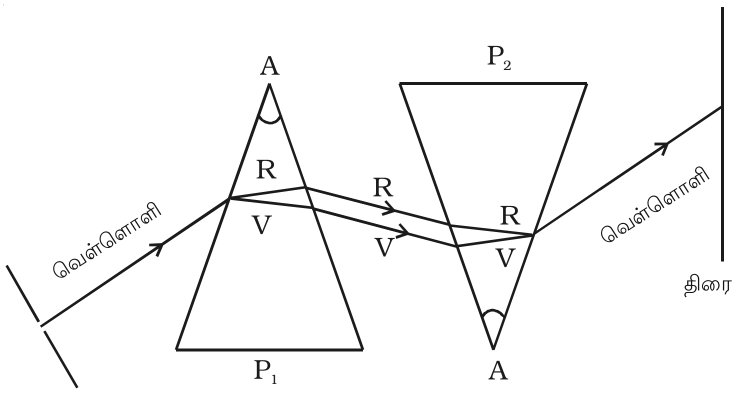
வெள்ளொளியானது பல நிறங்களாகப் பிரிக்கப்படும் நிகழ்ச்சி நிறப்பிரிகை எனப்படும். ஒளியின் நிறங்களின் தொகுதி நிறமாலை எனப்படும். நிறமாலையின் கண்ணுறு பகுதியில், ஊதா முதல் சிவப்பு வரை உள்ள நிறமாலை வரிகளைக் காணலாம். VIBGYOR என்ற சொல் நிறங்களின் வரிசையைக் குறிக்கிறது. (ஊதா (Violet), கருநீலம் (Indigo), நீலம் (Blue), பச்சை (Green), மஞ்சள் (Yellow), ஆரஞ்சு (Orange) மற்றும் சிவப்பு (Red)) (படம் 9.23).



படம் 9.23 ஒளியின் நிறப்பிரிகை

முப்பட்டகம் ஒன்றின் வழியே வெளிவரும் நிறங்களின் தோற்றுவாய் என்ன என்பது இயற்பியலில் புரியாத புதிராகவே இருந்தது. முப்பட்டகம், நிறங்களை உருவாக்குகிறதா அல்லது வெள்ளொளியில் ஏற்கனவே இருக்கும் நிறங்களைப் பிரிக்கிறதா?

இதற்கான விளக்கத்தை சர் ஐசக் நியூட்டன் அளித்தார். அவர், ஒரு முப்பட்டகம் அருகே அதே போன்ற மற்றொரு முப்பட்டகத்தைக் தலைகீழாக வைத்தார். படம் 9.24–ல் காட்டியவாறு, முதல் முப்பட்டகத்தின் விடுகற்றையானது இரண்டாவது முப்பட்டகத்தின் மீது விழுமாறு செய்யப்பட்டது. இரண்டாவது முப்பட்டகத்திலிருந்து வெளிவரும் கற்றை வெள்ளொளியாக இருந்தது. முதல் முப்பட்டகம் பிரித்த நிறங்களை தலைகீழான இரண்டாவது முப்பட்டகம் ஒன்று சேர்க்கிறது. எனவே, முப்பட்டகம் நிறங்களை உருவாக்குவதில்லை. ஆனால், வெள்ளொளியை பல நிறங்களாகப் பிரிக்கிறது எனத் தெரிகிறது.



படம் 9.24 நிறப்பிரிகைக்கான நியூட்டனின் சோதனை

ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணானது வெவ்வேறு நிறங்களுக்கு (அலை நீளங்களுக்கு) வெவ்வேறாக இருப்பதே நிறப்பிரிகை ஏற்படக் காரணமாகும். ஊதாக் கதிரின் திசை மாற்றமும் ஒளிவிலகல் எண்ணும் சிவப்புக் கதிரின் மதிப்புகளைவிட அதிகம். எனவே, கண்ணாடி முப்பட்டகத்தினுள் ஊதாக் கதிர் குறைவான திசைவேகத்திலும் சிவப்புக் கதிர் அதிக திசைவேகத்திலும் செல்கின்றன. மஞ்சள் கதிரின் திசைமாற்றமும் ஒளிவிலகல் எண்ணும் சராசரி மதிப்புகளாகக் கருதப்படுகின்றன. கிரவுன் கண்ணாடி மற்றும் பிளின்ட் கண்ணாடியின், வெவ்வேறு அலைநீளங்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்கள் அட்டவணை 9.2–ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 9.2 ஒளிவிலகல் எண்கள்

(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

நிறம்	அலைநீளம் (nm)	கிரவுன் கண்ணாடி	பிளின்ட் கண்ணாடி
ஊதா	396.9	1.533	1.663
நீலம்	486.1	1.523	1.639
மஞ்சள்	589.3	1.517	1.627
சிவப்பு	656.3	1.515	1.622

வெற்றிடத்தில், ஒளியின் வேகம் அலைநீளத்தைச் சார்ந்ததல்ல. எனவே, வெற்றிடம் என்பது, அனைத்து நிறங்களும் சமவேகத்தில் செல்லும் நிறப்பிரிகை அடைய முடியாததாகும்.

*9.8.1 நிறப்பிரிதிறன் **(Dispersive power)***

முப்பட்டகப் பொருளொன்றின் ஒளிவிலகல் எண்,

$$\mu = \frac{\sin\frac{A+D}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

இச்சமன்பாட்டில், A என்பது முப்பட்டகக் கோணம் மற்றும் D என்பது சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணம் ஆகும்.

முப்பட்டகத்தின் கோணம் (விலக்கு கோணம்) 10^o என்ற அளவில் இருப்பின், அதனை சிறுகோண முப்பட்டகம் எனலாம். இதுபோன்ற முப்பட்டகங்களில் ஒளி செல்லும்போது, திசை மாற்றக் கோணமும் சிறியதாக இருக்கும்.

A என்பது சிறுகோண முப்பட்டகத்தின் விலக்கு கோணம் மற்றும் δ என்பது திசைமாற்றக் கோணம் எனில், முப்பட்டகச் சமன்பாடு

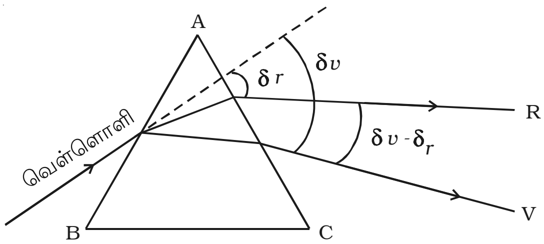
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+\delta}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

சிறு கோணங்கள் A மற்றும் δ–விற்கு, , $\sin\frac{A+\delta}{2} = \frac{A+\delta}{2}$ மற்றும் $\sin\frac{A}{2} = \frac{A}{2}$

$$\therefore \quad \mu = \frac{\left(\frac{A+\delta}{2}\right)}{\frac{A}{2}}$$ அல்லது $\mu A = A + \delta$

$$\delta = (\mu - 1)A \qquad \ldots(1)$$

δ_v மற்றும் δ_r என்பன ஊதா மற்றும் சிவப்புக் கதிர்களின் திசைமாற்றக் கோணங்கள் என்றும் μ_v மற்றும் μ_r என்பன ஊதா மற்றும் சிவப்புக் கதிர்களுக்குரிய, முப்பட்டகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் என்றும் கருதினால்,



படம் 9.25 நிறப்பிரிதிறன்

ஊதா ஒளிக்கு, $\delta_v = (\mu_v - 1)A \qquad \ldots(2)$

சிவப்பு ஒளிக்கு, $\delta_r = (\mu_r - 1)A \qquad \ldots(3)$

சமன்பாடுகள் (2) மற்றும் (3)–லிருந்து

$$\delta_v - \delta_r = (\mu_v - \mu_r)A \qquad \ldots(4)$$

நிறமாலையின் இருபுறத்திலும் உள்ள இறுதி நிறங்களின் திசை மாற்றக் கோணங்களுக்கிடையேயான வேறுபாடு $(\delta_v - \delta_r)$ கோண நிறப்பிரிகை எனப்படும் (படம் 9.25).

δ_y மற்றும் μ_y என்பன மஞ்சள் கதிரின் (சராசரி அலைநீளம்) திசைமாற்றம் மற்றும் ஒளி விலகல் எண் எனில்,

மஞ்சள் ஒளிக்கு, $\delta_y = (\mu_y - 1)\ A$ ...(5)

சமன்பாடு (4)–ஐ (5)–ஆல் வகுக்க

$$\frac{\delta_v - \delta_r}{\delta_y} = \frac{(\mu_v - \mu_r)A}{(\mu_y - 1)A}$$

$$\frac{\delta_v - \delta_r}{\delta_y} = \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu_y - 1}$$

ω என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப்பெறும் $\frac{\delta_v - \delta_r}{\delta_y}$ என்பது முப்பட்டகப் பொருளின் நிறப்பிரிதிறன் ஆகும்.

$$\therefore\ \omega = \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu_y - 1}$$

எவையேனும் இரு அலைநீளங்களின் (நிறங்களின்) கோண நிறப்பிரிகைக்கும் சராசரி அலைநீளத்தின் திசைமாற்றக் கோணத்திற்கும் இடையேயான தகவு என முப்பட்டகப் பொருளின் நிறப்பிரிதிறன் வரையறுக்கப்படுகிறது.

9.9 நிறமாலைமானி

நிறமாலைமானி என்பது, வெவ்வேறு ஒளி மூலங்களின் நிறமாலைகளைப் பற்றி அறியவும் பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண்களைக் கணக்கிடவும் பயன்படக்கூடிய ஒளியியல் கருவியாகும் (படம் 9.28). நிறமாலைமானியில் இணையாக்கி, முப்பட்டக மேசை, தொலைநோக்கி என்ற மூன்று அடிப்படையான பகுதிகள் உள்ளன.



படம் 9.26 நிறமாலைமானி
(தேர்வுக்கு வரையத் தேவையில்லை)

இணையாக்கி

இணையான ஒளிக்கற்றையை உருவாக்கும் அமைப்பு இணையாக்கியாகும். இதனுள் இருக்கும் நீண்ட உருளை வடிவக் குழாயின் உட்புற முனையில் குவிலென்சு ஒன்றும் வெளிப்புற முனையில் செங்குத்துப் பிளவு ஒன்றும் உள்ளன. லென்சின் குவியத்தில் பிளவு இருக்குமாறு, பிளவிற்கும் லென்சிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவை சரி செய்யலாம். ஒளிமூலத்தை நோக்கி இருக்குமாறு பிளவு வைக்கப்பட்டிருக்கும். பிளவின் அகலம் மாற்றியமைக்கக் கூடிய வகையில் இருக்கும். இணையாக்கியானது, கருவியின் அடிப்பகுதியுடன் இறுக்கமாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

முப்பட்டக மேசை

முப்பட்டகம், கீற்றணி போன்றவற்றை வைப்பதற்கு முப்பட்டக மேசை பயன்படுகிறது. மட்டம் செய்யும் (levelling) மூன்று திருகுகள் பொருத்தப்பட்ட, இரு உலோக வட்டத்தட்டுகள் உள்ளன. முப்பட்டக மேசையை, அதன் மையம் வழியாகச் செல்லும் செங்குத்து அச்சைப் பொருத்து சுழற்ற இயலும். அதன் நிலையை V_1 மற்றும் V_2 என்ற வெர்னியர் அளவுகளால் குறிப்பிடலாம். முப்பட்டக மேசையை உயர்த்தி அல்லது தாழ்த்தி தேவையான உயரத்தில் பொருத்தமுடியும்.

தொலைநோக்கி

குழாயின் ஓரச்சில், ஒரு முனையில் பொருளருகு லென்சும் மறுமுனையில் குறுக்குக்கம்பிகள் பொருத்தப்பட்ட கண்ணருகு லென்சும் உடைய வானியல் தொலைநோக்கி உள்ளது. இணையாக்கியில் இருந்து வரும் இணைக் கற்றையை குறுக்கு கம்பிகள் மீது குவித்து, தெளிவான பிம்பத்தை ஏற்படுத்துமாறு தொலைநோக்கியில் உள்ள கண்ணருகு லென்சுக்கும் பொருளருகு லென்சுக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவைச் சரிசெய்யலாம்.

முப்பட்டக மேசையைப் போன்றே, தொலைநோக்கியும் செங்குத்து அச்சைப் பொருத்து சுழலக்கூடியதாகும். அரை டிகிரியின் படிகளாகக் குறிக்கப்பட்ட வட்ட அளவுகோல் ஒன்று தொலைநோக்கியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

தொலைநோக்கியையும் முப்பட்டக மேசையையும் தேவைப்படும் இடத்தில் நிலையாகப் பொருத்திக் கொள்ள ஆரத்திருகுகள் (Radial screw) உள்ளன. நுண்ணளவு சரிசெய்வதற்கு (fine adjustments) தொடுவியல் திருகுகள் உள்ளன.

9.9.1 நிறமாலைமானியைச் சரிசெய்தல்

நிறமாலைமானியைக் கொண்டு சோதனையைச் செய்வதற்கு முன் கீழ்க்குறிப்பிட்டவாறு அதனைச் சரிசெய்ய வேண்டும்.

(i) கண்ணருகு லென்சினை சரிசெய்தல்

ஒளியூட்டப்பெற்ற பரப்பு ஒன்றினை நோக்கி, தொலைநோக்கியைத் திருப்பி, கண்ணருகு லென்சினை முன்னும் பின்னுமாக நகர்த்தி, குறுக்குக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு செய்ய வேண்டும்.

(ii) தொலைநோக்கியைச் சரிசெய்தல்

தொலைவில் உள்ள பொருளை நோக்கித் தொலை நோக்கியை வைத்து, அப்பொருளின் தெளிவான பிம்பம் குறுக்குக் கம்பிகளின் மீது உருவாகுமாறு, கண்ணருகு லென்சுக்கும் பொருளருகு லென்சுக்கும் இடையேயான தொலைவைச் சரிசெய்ய வேண்டும். அதாவது, தொலைநோக்கி இணையான கதிர்களை மட்டுமே ஏற்குமாறு சரிசெய்ய வேண்டும்.

(iii) இணையாக்கியைச் சரிசெய்தல்

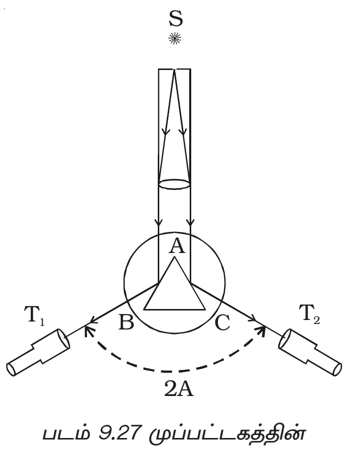
இணையாக்கியின் அச்சுக் கோட்டில் தொலை நோக்கியை வைக்க வேண்டும். இணையாக்கியில் உள்ள பிளவு ஒளிமூலத்தால் ஒளியூட்டப்படவேண்டும். தொலைநோக்கியில் உள்ள குறுக்குக் கம்பிகளின் மீது பிளவின் தெளிவான பிம்பம் உருவாகுமாறு, இணையாக்கியில் உள்ள லென்சுக்கும் பிளவிற்கும் இடைப்பட்ட தொலைவைச் சரிசெய்ய வேண்டும். தொலை நோக்கியானது இணைக் கதிர்களை மட்டுமே ஏற்குமாறு சரிசெய்யப்பட்டிருப்பதால், இணையாக்கியிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கதிர்கள் இணையாக வரும்போது மட்டுமே, பிளவின் தெளிவான பிம்பம் உருவாகும்.

(iv) முப்பட்டக மேசையை சரிசமமாக்குதல்

இரச மட்டம் (spirit level) ஒன்றைக் கொண்டு மட்டம் செய்யும் திருகுகளின் உதவியால் முப்பட்டக மேசையைக் கிடைமட்டமாக சரிசமமாக்க வேண்டும்.

9.9.2 முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளி விலகல் எண்ணைக் காணல்

நிறமாலைமானியைக் கொண்டு சோதனையைத் தொடங்குமுன் தொலைநோக்கி, இணையாக்கி, முப்பட்டக மேசை போன்றவற்றைச் சரிசெய்ய வேண்டும். முப்பட்டகத்தின் கோணம் மற்றும் சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணம் அறியப்பட்டால், முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.



படம் 9.27 முப்பட்டகத்தின் கோணம்

(i) முப்பட்டகத்தின் கோணம் (A)

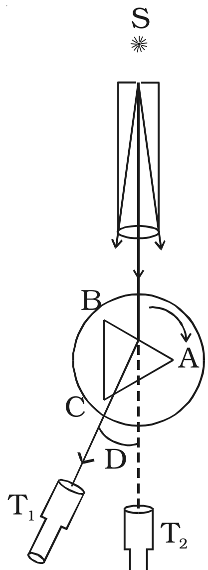
முப்பட்டகத்தின் விலக்கு முகங்கள் சந்திக்கும் விளிம்பு இணையாக்கியை நோக்கி இருக்குமாறு முப்பட்டகத்தை முப்பட்டக மேசையின் மீது வைக்க வேண்டும் (படம் 9.27). சோடியம் ஆவி விளக்கால் பிளவு ஒளியூட்டப்படுகிறது.

இணையாக்கியிலிருந்து வரும் இணையான கதிர்கள் முப்பட்டகத்தின் AB மற்றும் AC பக்கங்களில் படுகின்றன.

AB என்ற விலக்கு முகத்திலிருந்து எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர் அதாவது, பிளவின் பிம்பம் தொலைநோக்கியின் செங்குத்துக் கம்பியுடன் ஒன்றியிருக்குமாறு, தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி T_1 நிலையில் பொருத்தவும். வெர்னியர் அளவீடுகள் குறிக்கப்பட வேண்டும். AC என்ற விலக்கு முகத்திலிருந்து எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர், அதாவது, பிளவின் பிம்பம் தொலைநோக்கியின் செங்குத்துக் கம்பியுடன் ஒன்றியிருக்குமாறு, தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி T_2 நிலையில் பொருத்தவும். மீண்டும் வெர்னியர் அளவீடுகள் குறிக்கப்பட வேண்டும்.

இரு அளவீடுகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு, தொலைநோக்கி சுழற்றப்பட்ட கோணமாகும். இது முப்பட்டகக் கோணத்தின் இரு மடங்கிற்குச் சமம். இம்மதிப்பில் பாதி முப்பட்டகக் கோணமாகும். (A)

(ii) சிறுமத் திசை மாற்றக்கோணம் (D)



படம் 9.28
சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணம்

இணையாக்கியிலிருந்து வரும் ஒளியானது ஒரு விலக்கு முகத்தினுள் சென்று விலகலடைந்து, அடுத்த விலக்கு முகத்தில் தொலைநோக்கியில் பார்க்கக் கூடியவாறு முப்பட்டகம் முப்பட்டக மேசையின் மீது வைக்கப்பட வேண்டும் (படம் 9.28). திசை மாற்றக் கோணம் குறையுமாறு முப்பட்டக மேசையை சுழற்ற வேண்டும். ஒரு கட்டத்தில் (Stage) பிம்பம் கண நேரத்திற்கு நின்று எதிர்த்திசையில் நகரத் தொடங்கும். அதாவது, திசைமாற்றக் கோணம் அதிகரிக்கும். பிளவின் பிம்பம் நின்று, திரும்பும் இடத்தில் தொலைநோக்கியைப் பொருத்தி, பிம்பமானது செங்குத்துக் கம்பியுடன் ஒன்றியிருக்குமாறுச் செய்ய வேண்டும். இந்த நிலை முப்பட்டகத்தின் சிறுமத் திசைமாற்ற நிலையாகும். வெர்னியர் அளவீடுகள் குறிக்கப்பட வேண்டும். தற்போது, முப்பட்டகத்தை அகற்றி, தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி நேர்க்கதிரைக் காண வேண்டும். நேர்க் கதிரும் செங்குத்துக் கம்பியும் ஒன்றியிருக்குமாறு செய்து, வெர்னியர் அளவீடுகளைக் குறிக்க வேண்டும். இரு அளவீடுகளுக்கும் இடையேயான வேறுபாடு சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணமாகும் (D).

முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணை (μ) கீழ்க்காண் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

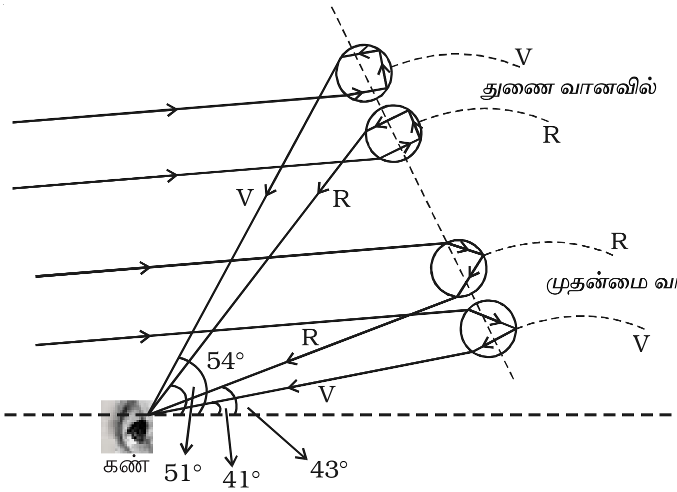
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}.$$

திரவம் ஒன்றின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிட, உள்ளீடற்ற கண்ணாடி முப்பட்டகத்தினுள் அத்திரவத்தை நிரப்பி, மேற்கண்டவாறு சோதனையைச் செய்ய வேண்டும்.

9.10 வானவில்

மழை பெய்யும் நாள்களில் வானவில் உருவாவது, வானத்தில் ஏற்படும் ஒரு கண்கவர் நிகழ்ச்சியாகும். வளிமண்டலத்திலுள்ள நீர்த் துளிகளில் சூரிய ஒளி நிறப்பிரிகை அடைவதற்கு, வானவில் ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

மழை பெய்யும்போது அல்லது பெய்த பிறகு, காற்றில் மிதக்கும் நீர்த்துளிகளின்மீது படும் சூரிய ஒளி, ஒளி விலகல், முழு அக எதிரொளிப்பு மற்றும் நிறப்பிரிகை அடைகிறது. பார்வையாளருக்கு பின்புறம் சூரியனும் முன்புறம் நீர்த்துளிகளும் இருப்பின், ஒன்றினுள் மற்றொன்றாக இரு வானவில்களை அவர்



படம் 9.29 வானவில் உருவாகுதல்

காணக்கூடும். வெளிப்பக்கம் சிவப்பும் உட்பக்கம் ஊதாவும் உடைய உட்புற வானவில் முதன்மை வானவில் எனப்படும். வெளிப்பக்கம் ஊதாவும் உட்பக்கம் சிவப்பும் உடைய வெளிப்புற வானவில் துணை வானவில் எனப்படும்.

முதன்மை வானவில் உருவாகுவதை படம் 9.29 காட்டுகிறது. சூரியனிடமிருந்து வரும் ஒளி, ஒரு முழு அக எதிரொளிப்பிற்கும் இரண்டு விலகல்களுக்கும் உட்பட்டு சிறுமத் திசைமாற்றம் அடைவதால் முதன்மை வானவில் உருவாகிறது. 43° கோணத்தில் சிவப்பு ஒளியின் செறிவு பெருமமாகவும், 41° கோணத்தில் ஊதா ஒளியின் செறிவு பெருமமாகவும் உள்ளது. மற்ற மழைத் துளிகளால் ஏற்படும் வண்ண வில்கள் ஊதா மற்றும் சிவப்பு நிறத்திற்கிடையே இருக்கின்றன.

துணை வானவில் உருவாவது படம் 9.31–ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சூரியனிடமிருந்து வரும் ஒளி, இரு முழு அக எதிரொளிப்புகளுக்கும் இரு விலகல்களுக்கும் உட்பட்டு சிறுமத் திசைமாற்றம் அடைவதால் துணை வானவில் உருவாகிறது. துணை வானவில்லில், வெளிப்பக்க ஊதாவின் விளிம்பு 54°

கோணத்திலும் உட்பக்க சிவப்பின் விளிம்பு 51^o கோணத்திலும் இருக்கும். முதன்மை வானவில்லை விட, துணை வானவில்லானது பொலிவு குறைந்தும் குறுகியும் இருக்கும். முதன்மை மற்றும் துணை வானவில்கள் இரண்டும், சூரிய நிறமாலையின் அனைத்து நிறங்களையும் வெளிப்படுத்துகின்றன.

தரைமட்டத்திலிருந்து காணும்போது வானவில்லின் வில்போன்ற பகுதி மட்டுமே தெரியும். உயர்த்தப்பட்ட இடங்களிலிருந்து, அதாவது, ஆகாய விமானம் போன்றவற்றிலிருந்து காணும் போது வட்ட வடிவத்தில் வானவில் தெரியும்.

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

9.1 **2 m** உயரமுள்ள ஒருவர் சமதள ஆடி ஒன்றிற்கு முன் நின்று கொண்டிருக்கிறார். தரையிலிருந்து அவரது கண்கள் **1.90 m** உயரத்தில் உள்ளன. அவரது முழு பிம்பமும் தெரிய வேண்டுமெனில், ஆடியின் சிறும அளவு என்ன?

தீர்வு :

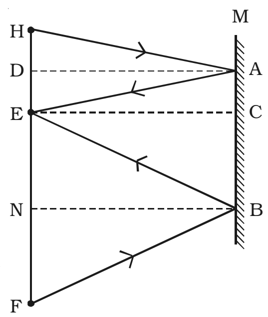
M - ஆடி,

FH - மனிதர்.

H - தலை,

E - கண்,

F - கால் பாதம்.



தலையிலிருந்து வரும் HA என்ற ஒளிக்கதிர், ஆடியின் மீது A-ல் பட்டு, AE வழியாக எதிரொளித்து E-ஐ அடைகிறது. AD என்பது HE-யின் செங்குத்து வெட்டுக்கோடாகும்.

$$\therefore AC = \frac{1}{2}\ HE = \frac{1}{2} \times 0.10 = 0.05\ m.$$

காலிலிருந்து வரும் FB என்ற கதிர், B-யில் பட்டு BE வழியாக எதிரொளித்து E-ஐ அடையும். BN என்பது EF-ன் செங்குத்து வெட்டுக்கோடாகும்.

$$\therefore CB = \frac{1}{2}\ EF = \frac{1}{2} \times 1.90 = 0.95\ m.$$

ஆடியின் அளவு = $AC + CB$

ஆடியின் அளவு = $= 0.05\ m + 0.95\ m = 1\ m$

9.2 **2.5 cm** உயரமுள்ள பொருளொன்று, குழியாடிக்கு முன், அதன் குவியத் தொலைவைப் போல் (f) 1.5 மடங்கு தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பிம்பத்தின் உயரம் என்ன? பிம்பம் நேரானதா? தலைகீழானதா?

தகவல் : $f = -f;\ u = -1.5\ f;\ h_1 = 2.5\ cm;\ h_2 = ?$

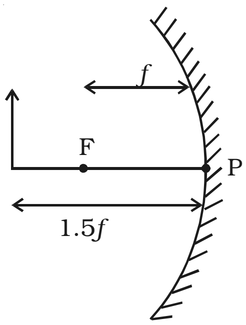
தீர்வு :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{-f} - \frac{1}{-1.5f}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{1.5f} - \frac{1}{f}$$

$$v = -\ 3f$$



உருப் பெருக்கம், $m = -\frac{v}{u} = (-)\ \frac{-3f}{-1.5f}$

$$m = -2$$

ஆனால் $\frac{h_2}{h_1} = m = -2$

$$\therefore \quad h_2 = -5\ cm$$

பிம்பத்தின் உயரம் 5.0 cm பிம்பம் தலைகீழானது என்பதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

9.3 ஒளியின் திசைவேகத்தை கணக்கிட உதவும் மைக்கல்சன் சுழலாடிச் சோதனையில் எண்முக ஆடியின் இரு எதிரெதிர் எதிரொளிப்புத் தளங்களுக்கிடையே ஒளி செல்லும் தொலைவு 150 km. எண்முக ஆடியின் சுழல் வேகம் வினாடிக்கு 250 சுழற்சிகள் என்ற போது பிம்பம் மறையாமல் நிலையாக இருப்பதுபோல் தோன்றுகிறது. ஒளியின் திசைவேகத்தை கணக்கிடுக.

தகவல் :

$D = 150\ km = 150 \times 10^3\ m\ ;\quad n = 250\ rps\ ;\quad N = 8\ ;\quad C = ?$

தீர்வு :

மைக்கல்சன் சோதனையில், ஒளியின் திசைவேகம்

$C = NnD$

$C = 8 \times 250 \times 150 \times 10^3$

$C = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

9.4 இருபுற குவிலென்சு ஒன்றின் வளைவு ஆரங்கள் ஒவ்வொன்றும் 10 cm. லென்சின் குவியத் தொலைவையும் திறனையும் காற்று மற்றும் திரவத்தில் கணக்கிடுக. கண்ணாடி மற்றும் திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.5 மற்றும் 1.8.

தகவல் : $R_1 = 10\ cm$, $R_2 = -10\ cm$; $\mu_g = 1.5$ மற்றும் $\mu_l = 1.8$

தீர்வு : காற்றில்,

$$\frac{1}{f_a} = \left({}_a\mu_g - 1\right)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right] = (1.5 - 1)\left[\frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right]$$

$$f_a = 10\ cm$$

$$P_a = \frac{1}{f_a} = \frac{1}{10 \times 10^{-2}}$$

$P_a = 10$ டையாப்டர்

திரவத்தில்

$$\frac{1}{f_l} = \left({}_l\mu_g - 1\right)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right]$$

$$= \left(\frac{\mu_g}{\mu_l} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \left(\frac{1.5}{1.8} - 1\right)\left[\frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right] = -\frac{1}{6} \times \frac{2}{10}$$

$$f_l = -30\ cm$$

$$P_l = \frac{1}{f_l} = -\frac{1}{30 \times 10^{-2}}$$

$P_l = -3.33$ டையாப்டர்

9.5 5 cm அளவுள்ள ஊசி ஒன்று லென்சுக்கு முன்பாக 45 cm தொலைவில் உள்ளபோது, லென்சிலிருந்து 90 cm தொலைவில் உள்ள திரையில் பிம்பம் உருவாகிறது. லென்சு எவ்வகையைச் சார்ந்தது? லென்சின் குவியத் தொலைவு என்ன? பிம்பத்தின் அளவு என்ன?

தகவல் : $h_1 = 5\ cm$, $u = -45\ cm$, $v = 90\ cm$, $f = ?$ $h_2 = ?$

தீர்வு : $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{90} - \frac{1}{-45}$

$\therefore f = 30\ cm$

f நேர்க்குறியாக இருப்பதால், லென்சு குவிக்கும் தன்மை கொண்டது.

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{v}{u} \qquad \frac{h_2}{5} = \frac{90}{-45} = -2$$

$\therefore h_2 = -10\ cm$

எதிர்க்குறி, பிம்பமானது தலைகீழான மெய்ப்பிம்பம் என்பதைக் காட்டுகிறது.

தன் மதிப்பீடு

(இந்தத் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பொருளிலிருந்து எந்தவொரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக்கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்.)

9.1 இரு இணையான சமதள ஆடிகளுக்கு இடையிலுள்ள பொருளின் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை

(a) எண்ணிலாதது (b) 1

(c) 3 (d) 0

9.2 40 cm வளைவு ஆரம் உடைய குழியாடியில் உருவாகும் பிம்பத்தின் அளவு பொருளின் அளவைப்போல் இருமடங்கு எனில், பொருள் உள்ள தொலைவு

(a) 20 cm (b) 10 cm

(c) 30 cm (d) 60 cm

9.3 அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் செல்லும் ஒளிக்கதிரின் படுகோணம் **i.** எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிரும் விலகு கதிரும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ளன. எதிரொளிப்புக் கோணம் **r** மற்றும் விலகு கோணம் **r′** எனில், மாறுநிலைக் கோணம்.

(a) tan^{-1} (sin i) (b) sin^{-1} (tan i)

(c) tan^{-1} (sin r) (d) sin^{-1} (tan r ′)

9.4 வாயு நிரப்பப்பட்ட குழாயின் வழியே ஒளி செல்கிறது. குழாயிலிருந்து வாயுவை மெல்ல மெல்ல வெளியேற்றும்போது, குழாயில் ஒளியின் திசைவேகம்

(a) அதிகரிக்கும் (b) குறையும்

(c) மாறாமலிருக்கும் (d) முதலில் அதிகரித்து பின்னர் குறையும்

9.5 மைக்கல்சன் சோதனையில், சுழலாடியில் முகங்களின் எண்ணிக்கையை அதிகப்படுத்தினால், ஒளியின் திசைவேகம்,

(a) குறையும் (b) அதிகமாகும்

(c) மாறாது (d) சுழற்சியைச் சார்ந்து மாறும்

9.6 ஊடகமொன்றில் ஒளியின் திசைவேகம், வெற்றிடத்தில் அதன் மதிப்பைப் போல் (2/3) மடங்கு எனில், ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்

(a) 3/2c (b) 2c/3

(c) 2/3 (d) 1.5

9.7 +12 டையாப்டர் மற்றும் –2 டையாப்டர் திறன் உடைய இரு லென்சுகள் ஒன்றை மற்றொன்று தொடுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளன. கூட்டமைப்பின் குவியத் தொலைவு

(a) 8.33 cm (b) 12.5 cm

(c) 16.6 cm (d) 10 cm

9.8 குவிக்கும் லென்சு ஒன்று திரையில் பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது. லென்சின் கீழ்பாதி, ஒளி ஊடுருவும் தன்மையற்ற திரையால் மறைக்கப்பட்டால்

(a) பிம்பத்தில் பாதி மறைந்து விடும்

(b) முழு பிம்பமும் தெரியும்

(c) பிம்பம் உருவாகாது

(d) பிம்பத்தின் செறிவு அதிகமாகும்

9.9 ஒரு படுகதிருக்கு 1.6 மற்றும் 1.8 ஒளிவிலகல் எண்கள் உடைய இரு சிறிய கோண முப்பட்டகங்கள் சம அளவு திசைமாற்றத்தினை உண்டாக்குகின்றன. முப்பட்டகக் கோணங்களின் தகவு

(a) 0.88 (b) 1.33

(c) 0.56 (d) 1.12

9.10 வானவில் உருவாகக் காரணமான நிகழ்வு

(a) ஒளிவிலகலும் உட்கவர்தலும்

(b) நிறப்பிரிகையும் குவியமடைதலும்

(c) ஒளி விலகலும் சிதறலும்

(d) நிறப்பிரிகையும் முழு அக எதிரொளிப்பும்

9.11 ஒளி எதிரொளிப்பு விதிகளைக் கூறுக.

9.12 ஆடி θ கோணம் சுழன்றால் எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர் 2θ கோணம் சுழலும் என்பதை மெய்ப்பிக்கவும்.

9.13 சமதள ஆடிகளில் பிம்பம் தோன்றுவதை விளக்குக.

9.14 கோளக ஆடிகளில் பொருளின் வெவ்வேறு நிலைகளுக்கு பிம்பம் தோன்றுவதை வரைபடத்தில் காட்டுக. பிம்பத்தின் தன்மையையும் குறிப்பிடுக.

9.15 (i) சமதள ஆடி (ii) குழியாடி (iii) குவியாடி போன்றவற்றில் உருவாகும் மாய பிம்பங்களின் வேறுபாடு என்ன?

9.16 சூரியக் கண்ணாடிகளின் (sun glasses) பரப்புகள் வளைவாக இருப்பினும், அவற்றின் திறன் சுழியாகக் கூடும். ஏன்?

9.17 குழியாடியில் **(i)** மெய்பிம்பம் **(ii)** மாயப் பிம்பம் உருவாகும் போது, ஆடிச் சமன்பாடுகளை மெய்ப்பிக்கவும்.

9.18 முழு அக எதிரொளிப்பு நிகழ்வினை ஒளிக்கதிர் படங்களுடன் விளக்குக. மாறுநிலைக் கோணத்திற்கும் ஒளி விலகல் எண்ணிற்கும் உள்ள தொடர்பு யாது?

9.19 ஒளியியல் இழைக் குழாய்களைப் பற்றி குறிப்பெழுதுக.

9.20 ஒளியின் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடக்கூடிய மைக்கல்சன் முறையை விவரி.

9.21 ஒளியின் திசைவேகத்தின் முக்கியத்துவம் பற்றிக் கூறுக.

9.22 மெல்லிய இருபுறக் குவிலென்சுக்கான லென்சு உருவாக்குபவர் சமன்பாட்டினை வருவி.

9.23 லென்சின் திறன் என்றால் என்ன? ஒரு டையாப்டர் என்பதென்ன?

9.24 தொட்டுக் கொண்டுள்ள மெல்லிய லென்சுகளின் தொடர்பான $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ –ஐ நிறுவுக.

9.25 $\mu = \dfrac{\sin\frac{A+D}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$ என்ற தொடர்பை வருவி.

9.26 உள்ளீடற்ற முப்பட்டகம் ஒன்றினுள் வெள்ளொளிக் கற்றை நிறப்பிரிகை அடையுமா?

9.27 முப்பட்டகமொன்றின் நிறப் பிரிதிறனுக்குச் சமன்பாடு வருவி.

9.28 நிறமாலைமானியைப் பற்றி விவரி.

9.29 நிறமாலைமானியைக் கொண்டு முப்பட்டகமொன்றின் சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணத்தை எவ்வாறு கண்டறிய முடியும் என்பதை விளக்குக.

9.30 வானவில்கள் பற்றி குறிப்பெழுதுக.

கணக்குகள்

9.31 சமதள எதிரொளிப்புப் பரப்பின்மீது 5000 $\mathring{A}$ அலைநீள ஒளி படுகிறது. எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளியின் அலைநீளத்தையும் அதிர்வெண்ணையும் கணக்கிடுக. எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர் படுகதிருக்குச் செங்குத்தாக இருக்க வேண்டுமெனில் படுகோணம் என்ன?

9.32 **2.5 m** குவியத் தொலைவு உடைய குவியாடியின் முன் ஒரு சிறுவன் நின்று கொண்டிருக்கிறான். அவனது உயரத்தில் பாதி அளவு பிம்பம் தெரிகிறது எனில், அவன் ஆடிக்கு முன்பாக நின்று கொண்டிருக்கும் தொலைவு என்ன?

9.33 மைக்கல்சன் சுழலாடிச் சோதனையில், எண்முக ஆடியில் இரு இடங்களில் ஏற்படும் எதிரொளிப்புகளுக்கிடையில் ஒளி கடக்கும் தொலைவு **4.8 km** எனில், பிம்பம் மீண்டும் உருவாக, எண்முக ஆடியின் சிறுமச் சுழற்சி வேகம் என்ன?

9.34 வைரம் மற்றும் கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் 2.5 மற்றும் 1.5 எனில், ஒளியானது வைரத்தில் செல்வதை விட கண்ணாடியில் எத்தனை மடங்கு அதிக வேகத்தில் செல்லும்?

9.35 **21 cm** குவியத் தொலைவு உடைய குழி லென்சிலிருந்து **14 cm** தொலைவில் **3 cm** அளவுள்ள பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. லென்சு உருவாக்கும் பிம்பத்தின் நிலை என்ன?

9.36 இரு மெல்லிய லென்சுகளின் கூட்டமைப்பின் குவியத் தொலைவு **–80 cm.** ஒரு லென்சின் திறன் 2.0 டையாப்டர் எனில், மற்றொரு மெல்லிய லென்சின் குவியத் தொலைவு என்ன?

9.37 படுகோணமும், விடுகோணமும் சமமாக இருக்குமாறு, ஒளிக்கதிர் ஒன்று சமபக்க முக்கோணத்தின் வழியே செல்கிறது. விடுகோணமானது முப்பட்டகக் கோணத்தில் 3/4 பங்கு எனில், திசைமாற்றக் கோணம் என்ன?

9.38 **400 nm** மற்றும் **700 nm** அலைநீள ஒளிக்கதிர்களுக்கான ஃபிளின்ட் கண்ணாடியாலான சமபக்க முக்கோண முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.66 மற்றும் 1.61 எனில், திசைமாற்றக் கோணங்களின் வேறுபாடு என்ன?

9.39 5^o கோணமுடைய சிறு கோண முப்பட்டகத்தில் வெள்ளொளி படுகின்றது. சிவப்பு மற்றும் ஊதா கதிர்களுக்கான ஒளிவிலகல் எண்கள் முறையே 1.642 மற்றும் 1.656 எனில், கோண நிறப்பிரிகையை கணக்கிடுக.

9.40 1.5 ஒளிவிலகல் எண் உடைய மெல்லிய முப்பட்டகம் ஒன்று, ஒளிக்கதிரை 5^o சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தில் திசைமாற்றுகிறது. ஒளி விலகல் எண் 1.25 உடைய எண்ணெயில் முப்பட்டகத்தை வைக்கும்போது சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணம் என்ன?

விடைகள்

9.1 *(a)*	**9.2** *(b)*	**9.3** *(b)*
9.4 *(a)*	**9.5** *(c)*	**9.6** *(d)*
9.7 *(d)*	**9.8** *(b)*	**9.9** *(b)*
9.10 *(d)*		

9.31 5000 Å ; 6×10^{14} Hz; 45^{o}

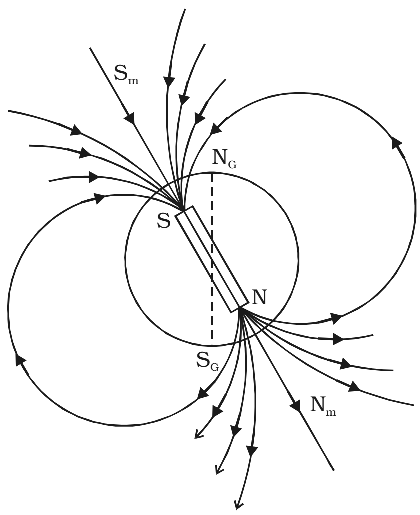
9.32 2.5 m	**9.33** 7.8×10^{3} rps
9.34 1.66 மடங்கு	**9.35** – 8.4 cm
9.36 –30.8 cm	**9.37** 30^{o}
9.38 4^{o}	**9.39** 0.07^{o}
9.40 2^{o}	

10. காந்தவியல்

காந்தவியல் (Magnetism) என்ற சொல்லானது கிரேக்க நாட்டிலுள்ள மக்னீஷியா எனப்படும் தீவில் கண்டெடுக்கப்பட்ட மேக்னடைட் (Fe_3O_4) என்ற இரும்புத் தாதுவின் பெயரிலிருந்து ஏற்பட்டது. கி.மு. 2000 ஆண்டிலேயே காந்தத்தின் பண்புகளை சீன மக்கள் அறிந்திருந்தனர் என்று நம்பப்படுகிறது. கி.பி.1100ஆம் ஆண்டுகளில் கடல்வழிப் பயணங்களின்போது திசையை அறிய சுழல் காந்த ஊசியினை சீனர்கள் பயன்படுத்தினர். ஆனால் கில்பர்ட் (Gilbert) என்பவரே காந்தவியலின் அடிப்படை கோட்பாடுகளை நிறுவியவராவார். அவரே புவியானது மிகப்பெரிய சட்டக் காந்தமாகச் செயல்படுகின்றது என்ற கருத்தையும் தெரிவித்திருந்தார். புவியில் மேற்பரப்பில் செயல்படும் காந்தப்புலத்தின் மதிப்பு ஏறத்தாழ 10^{-4} T ஆகும். இக்காந்தப்புலமானது புவியின் ஆரத்தினைப் போல ஐந்து மடங்கு உயரத்திற்கு பரவியுள்ளது.

10.1 புவிக் காந்தப்புலம் மற்றும் புவிக் காந்தக் கூறுகள்

புவியின் மீது ஒரு புள்ளியில் தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்ட காந்த ஊசியானது ஏறத்தாழ புவியின் வட–தென் திசையில் ஓய்வு நிலையை அடையும். இதிலிருந்து புவி மிகப் பெரிய காந்த இரு முனையாகச் செயல்படுகின்றது எனவும் அதன் காந்த முனைகள் புவியியல் துருவங்களுக்கு அருகில் உள்ளன எனவும் அறியலாம். ஒரு காந்த ஊசியின் வடமுனை ஏறத்தாழ புவியியல் வட முனையை (N_G) நோக்கி நிற்பதால் (N_G)க்கு அருகில் அமைந்த புவிக்காந்த முனையினை புவிக் காந்தத்தின் தென்முனை (S_m) எனலாம். புவியியல் தென் முனைக்கு (S_G) அருகில் அமைந்த புவிகாந்த முனையினை புவிக்காந்தத்தின் வடமுனை (N_m) எனவும் அழைக்கலாம் (படம் 10.1).



படம் 10.1 புவிக் காந்தப் புலம்

புவியின் மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் புவிக் காந்தப்புலத்தினை முழுவதும் வரையறுக்கப் பயன்படும் இயற்பியல் அளவுகள் புவிக் காந்தக் கூறுகள் எனப்படுகின்றன.

அவை (i) காந்த ஒதுக்கம் θ (Declination)

(ii) காந்தச் சரிவு δ (dip)

(iii) புவிக்காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு B_h

புவிக் காந்தப் பண்பிற்கான காரணங்கள்

புவிக்காந்தப் பண்பிற்கு சரியான காரணம் இன்று வரை அறியப்படவில்லை. எனினும் இதற்கான முக்கியக் காரணிகளாவன.

(i) புவியின் காந்தப் பண்பு நிறைந்தப் பகுதிகள்.

(ii) புவியில் உள்ள மின்னோட்டங்கள்.

(iii) புவியின் வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதிகளில் காணப்படும் மின்னோட்டங்கள்.

(iv) சூரியனிலிருந்து வரும் கதிர்வீச்சுகள்.

(v) நிலவின் செயல்பாடு.

6400 km ஆரமுள்ள புவியில் சுமார் 3500 km ஆரமுள்ள புவியின் உள்ளகப் பகுதியில் உருகிய நிலையிலுள்ள மின்னூட்டம் பெற்ற உலோகப் பாய்பொருள்கள் இருப்பதனால் புவியின் காந்தப்புலம் ஏற்படுவதாகக் கருதப்படுகின்றது.

10.1.1 சட்டக் காந்தம் (Bar magnet)

மாக்னடைட் எனப்படும் ஓர் இரும்புத்தாது, இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல் போன்றவற்றின் சிறிய துண்டுகளைக் கவர்ந்திழுக்கும் ஓர் இயற்கைக் காந்தமாகும். இயற்கைக் காந்தங்கள் வலிமை குறைந்ததாகவும் ஒழுங்கற்ற வடிவத்தினையும் கொண்டுள்ளன. இரும்புத் துண்டு அல்லது எஃகுத் துண்டினை ஒரு காந்தத்துடன் தேய்க்கும் போது. அது காந்தப் பண்புகளைப் பெறுகின்றது. இவ்வாறு இரும்பு அல்லது எஃகிலிருந்து உண்டாக்கப்படும் காந்தங்கள் செயற்கைக் காந்தங்கள் எனப்படும். செயற்கைக் காந்தங்கள் தேவையான வடிவத்திலும் தேவையான வலிமையுடனும் அமைய முடியும். செயற்கைக் காந்தமானது செவ்வக வடிவிலோ அல்லது உருளை வடிவிலோ இருப்பின் அது சட்டக் காந்தம் எனப்படும்.

10.1.2 காந்தங்களின் அடிப்படைப் பண்புகள்

(i) காந்தத்தினை இரும்புத் துருவல்களில் அமிழ்த்தி எடுக்கும் போது அவை காந்தத்தின் முனைகளில் ஒட்டிக் கொள்கின்றன. காந்தத்தின் இரு முனைகளிலும் கவர்ச்சி பெருமமாகும். இந்த முனைகள் காந்த முனைகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

(ii) ஒரு காந்தம் தடையின்றி தொங்கவிடப்படும்போது, எப்போதும் வடக்கு – தெற்குத் திசையில் நிற்கும். புவியியல் வடதுருவத்தை நோக்கி நிற்கும் காந்தத்தின் முனை காந்த வடமுனை N எனவும் புவியியல் தென் துருவத்தை நோக்கி நிற்கும்

காந்தத்தின் முனை காந்த தென்முனை S எனவும் அழைக்கப்படும்.

(iii) காந்த முனைகள் எப்போதும் சோடிகளாக மட்டுமே இருக்கும். அதாவது தனிமைப்படுத்தப்பட்ட காந்தமுனை இருப்பதில்லை.

(iv) காந்தத்தின் நீளம் எப்போதும் அதன் வடிவியல் நீளத்தினை (geometric length) விடக் குறைவாக இருக்கும். ஏனெனில் காந்தங்களின் இயல்பு முனைகளிலிருந்து (free ends) சற்று உட்புறமாகவே காந்த முனைகள் அமைந்துள்ளன. (ஆனால் கணக்கீட்டு நோக்கங்களில் வடிவியல் நீளமே எப்போதும் காந்தத்தின் நீளமாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது).

(v) ஒத்த முனைகள் ஒன்றையொன்று விலக்குகின்றன. வேறின முனைகள் ஒன்றையொன்று கவருகின்றன. ஒரு காந்தத்தின் வடமுனையை மற்றொரு காந்தத்தின் வடமுனைக்கருகில் கொண்டு வந்தால் விலக்கு விசையைக் காணலாம். ஆனால், ஒரு காந்தத்தின் வட முனையை மற்றொரு காந்தத்தின் தென்முனைக்கருகில் கொண்டு வந்தால் கவர்ச்சி விசையைக் காணலாம்.

(vi) இரு காந்த முனைகளுக்கிடையே உள்ள கவர்ச்சி அல்லது விலக்கு விசை கூலும் எதிர்த்தகவு இருமடி விதி மூலம் பெறப்படுகிறது.

குறிப்பு : காந்த முனைகள் பற்றிய தற்போதைய கருத்து முற்றிலும் மாறியுள்ளது. காந்தவியலின் அடிப்படைக் காரணம் மின்னோட்டம் நிகழ்வதால் மட்டுமே என்று அறியப்படுகிறது. எனினும் காந்த முனைகள் பற்றிய வழக்கமான கருத்துகளின் அடிப்படையில் இந்தப் பகுதி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்த முனை "m" என்று குறிக்கப்படுகிறது அதன் அலகு ஆம்பியர் மீட்டர் A m ஆகும்.

காந்தத் திருப்புத் திறன்

எந்த ஒரு காந்தத்திற்கும் இரு முனைகள் இருப்பதால் அதனை காந்த இருமுனை எனவும் அழைக்கலாம்.

ஒரு காந்தத்தின் திருப்புத்திறன் என்பது காந்த முனை வலிமைக்கும் இரு காந்த முனைகளுக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவின் பெருக்கற் பலனாகும்.

'm' என்பது ஒவ்வொரு முனையின் வலிமை எனவும், $2l$ என்பது இருகாந்த முனைகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு எனவும் இருப்பின் காந்தத் திருப்புத் திறன்,

$$\vec{M} = m\,(2\vec{l}\,)$$

காந்தத் திருப்புத் திறன் வெக்டர் அளவாகும். இது M என்று குறிக்கப்படுகிறது. அதன் அலகு A m^2. இதன் திசை தென்முனையிலிருந்து வடமுனை நோக்கி அமையும்.

காந்தப்புலம்

காந்த முனை ஒன்று விசையை உணரும் இடம் காந்தப்புலம் ஆகும். அல்லது காந்தத்தின் விளைவுகள் உணரப்படுகின்ற, அதைச் சூழ்ந்துள்ள இடம் காந்தப்புலம் எனப்படும்.

காந்தத் தூண்டல்

ஒரு புள்ளியிலுள்ள காந்தப்புலத்தின் அடிப்படை பண்பு காந்தத் தூண்டலாகும்.

காந்தப்புலத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தத்தூண்டல் என்பது அப்புள்ளியில் வைக்கப்படும் ஓரலகு வடமுனை மீது செயல்படும் விசையே ஆகும். இது B என்று குறிக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு $N\ A^{-1}m^{-1}$ ஆகும். இது ஒரு வெக்டர் அளவு. இதனை காந்தப்பாய அடர்த்தி எனவும் கூறலாம்.

காந்தப்புலத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்படும் 'm' முனை வலிமை கொண்ட காந்த முனை உணரும் விசை F எனில். அப்புள்ளியில் காந்தத் தூண்டல்

$$\overrightarrow{B} = \frac{\overrightarrow{F}}{m} \text{ ஆகும்.}$$

காந்த விசைக் கோடுகள்

மிக அதிகமான எண்ணிக்கையில் காந்த விசைக் கோடுகள் வரைவதன் மூலம் காந்தப்புலத்தைப் பற்றி நன்கு அறியலாம்.

ஒரு தனித்த வடமுனை காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்படும்போது அது நகரும் பாதையைக் குறிக்கும்கோடு காந்தவிசைக்கோடு எனப்படும்.

காந்த விசைக் கோடுகளின் பண்புகள்

(i) காந்த விசைக்கோடுகள், காந்தப் பொருளின் வழியாக செல்லும் மூடிய தொடர்ச்சியான வளை கோடுகள் ஆகும்.

(ii) காந்தத்திற்கு வெளியே காந்தவிசைக் கோடுகளின் திசை வடமுனையிலிருந்து தென்முனையை நோக்கியும், காந்தத்திற்கு உள்ளே தென்முனையிலிருந்து வடமுனையை நோக்கியும் அமையும்.

(iii) காந்த விசைக் கோட்டின்மீதுள்ள எந்த புள்ளியிலிருந்தும், அக் கோட்டிற்கு வரையப்பட்ட தொடுகோடு, அப்புள்ளியில் உள்ள காந்தப் புலத்தின் திசையைக் குறிக்கும். (அதாவது) அப்புள்ளியில் காந்தத் தூண்டலின் திசையை அது தருகிறது.

(iv) அவை ஒன்றை ஒன்று வெட்டிக்கொள்வதில்லை.

(v) அவை காந்தப்புல வலிமை மிகுந்த இடத்தில் நெருக்கமாகவும் வலிமை குன்றிய இடத்தில் பரவலாகவும் அமையும்.

காந்தப் பாயம் மற்றும் காந்தப் பாய அடர்த்தி

ஒரு பரப்பு A வழியே செல்லும் காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை காந்தப்பாயம் எனப்படும். இது ϕ என்று குறிக்கப்படுகிறது.

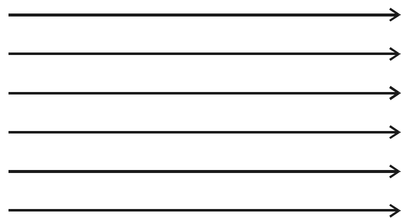
இதன் அலகு வெபர் (weber). இது ஒரு ஸ்கெலர் அளவாகும்.

காந்த விசைக்கோடுகளின் திசைக்கு செங்குத்தாக உள்ள ஓரலகுப் பரப்பின் வழியே செல்லும் காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை காந்தப் பாய அடர்த்தி எனப்படும். இதன் அலகு Wb m^{-2} அல்லது tesla அல்லது N $A^{-1}m^{-1}$.

$$\therefore \text{ காந்தப்பாயம் } \phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

சீரான மற்றும் சீரற்ற காந்தப்புலம்

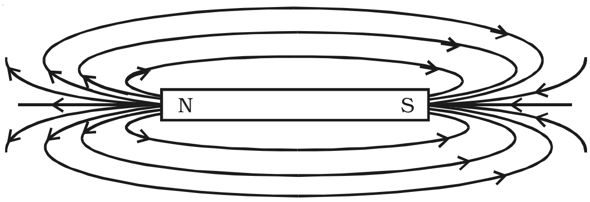
ஒரு இடத்திலுள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் காந்தத் தூண்டலின் எண் மதிப்பு சமமாகவும் ஒரே திசையையும் கொண்டிருந்தால் அக்காந்தப் புலம் சீரான காந்தப்புலம் என்று கூறப்படும். சீரான காந்தப்புலம் இணைகோடுகள் வரைவதன் மூலம் குறிக்கப்படுகிறது (படம் 10.2).



படம் 10.2 சீரான காந்தப்புலம்

ஒரு அகன்ற பரப்பில் பரவியுள்ள சீரான காந்தப் புலத்திற்கு எடுத்துக்காட்டு புவிக்காந்தப் புலமாகும்.

ஒரு இடத்தில் உள்ள வெவ்வேறு புள்ளிகளில் காந்தத் தூண்டலின் எண்மதிப்பும், திசையும் மாறுபட்டால். காந்தப்புலம் சீரற்ற காந்தப்புலமாகும். சட்டக் காந்தத்தினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம் சீரற்ற காந்தப் புலமாகும். இது குவியும் அல்லது விரிவடையும் காந்த விசைக் கோடுகளால் குறிக்கப்படுகிறது (படம் 10.3).



படம் 10.3 சீரற்ற காந்தப்புலம்

10.2 இரு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள விசை

1785 ஆண்டில் கூலும் தன்னுடைய முறுக்குத் தராசினைப் பயன்படுத்தி (torsional balance) இரு காந்த முனைகளுக்கு இடையே தோன்றும் விசைக்கான விதியைக் கண்டறிந்தார்.

கூலும் எதிர்த்தகவு இருமடி விதி

கூலும் எதிர்த் தகவு இருமடி விதியின்படி, இரு காந்த முனைகளுக்கிடையேயுள்ள கவர்ச்சி அல்லது விலக்கு விசையானது முனை

வலிமைகளின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்த்தகவிலும், அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

ஓர் ஊடகத்தில் m_1, m_2 என்ற முனைவலிமையுடைய காந்த முனைகளின் இடைத்தொலைவு d எனில்,

$$F \propto m_1 m_2 \text{ மற்றும் } F \propto \frac{1}{d^2}$$

$$\therefore F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$F = k \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

இங்கு k என்பது விகிதமாறிலி. மற்றும் $k = \frac{\mu}{4\pi}$

இதில் μ என்பது ஊடகத்தின் உட்புகுதிறன்.

ஆனால் $\mu = \mu_o \times \mu_r$

$$\therefore \mu_r = \frac{\mu}{\mu_o}$$

μ_r – ஊடகத்தின் ஒப்புமை உட்புகுதிறன்

μ_o – வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன்

$m_1 = m_2 = 1$ மேலும் $d = 1\ m$ எனில்

$$k = \frac{\mu_o}{4\pi}$$

வெற்றிடத்தில் $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ H m^{-1}

$$\therefore \quad F = \frac{10^{-7} \times m_1 \times m_2}{d^2}$$

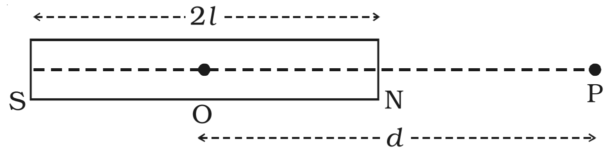
$$F = \frac{10^{-7} \times 1 \times 1}{1^2}$$

$$F = 10^{-7} \text{ N}$$

எனவே, ஒருமுனை, தனக்குச் சமமான மற்றும் தன்னியல்பு கொண்ட ஒரு முனையிலிருந்து, வெற்றிடம் அல்லது காற்றில் ஒரு மீட்டர் தொலைவில் அமைந்திருக்கும் போது $10^{-7}\,N$ விலக்கு விசை உண்டாக்குமானால், அம்முனை ஓரலகு முனை என வரையறுக்கப் படுகிறது.

10.3 ஒரு காந்த இருமுனையின் (சட்டக் காந்தம்) அச்சுக் கோட்டிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தத் தூண்டல்

NS என்ற ஒரு சட்டக் காந்தத்தின் நீளம் $2l$ எனவும், முனை வலிமையை 'm' எனவும் கொள்க. காந்தத்தின் மையப்புள்ளி 'O'விலிருந்து 'd' தொலைவில் அச்சுக் கோட்டில் அமைந்துள்ள 'P' என்ற புள்ளியைக் கருதுவோம் (படம் 10.4).



படம் 10.4 **அச்சுக் கோட்டில் காந்தத் தூண்டல்**

இருமடி எதிர்த்தகவு விதிப்படி $F = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m_1 m_2}{d^2}$

∴ காந்த வடமுனையால் 'P' என்ற புள்ளியில் காந்தத் தூண்டல்

$$B_1 = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{NP^2} \quad \text{(NP வழியாக)} \quad \left(\because B = \frac{F}{m}\right)$$

$$B_1 = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{(d-l)^2} \quad \text{(NP வழியாக)}$$

காந்த தென் முனையால் P–இல் காந்தத் தூண்டல்

$$B_2 = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{SP^2} \quad \text{(PS வழியாக)}$$

$$B_2 = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{(d+l)^2} \quad \text{(PS வழியாக)}$$

சட்டக் காந்தத்தால் 'P'-யில் காந்தத் தூண்டல்

$$B = B_1 - B_2$$

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{(d-l)^2} - \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{(d+l)^2} \quad \text{(NP வழியாக)}$$

$$B = \frac{\mu_o m}{4\pi} \left(\frac{1}{(d-l)^2} - \frac{1}{(d+l)^2} \right)$$

$$B = \frac{\mu_o m}{4\pi} \left(\frac{(d+l)^2 - (d-l)^2}{(d^2 - l^2)^2} \right)$$

$$B = \frac{\mu_o m}{4\pi}\left(\frac{4ld}{(d^2-l^2)^2}\right)$$

$$B = \frac{\mu_o m}{4\pi}\ \frac{2l \times 2d}{(d^2-l^2)^2}$$

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{2Md}{(d^2-l^2)^2}$$

இங்கு $M = 2\ ml$ (காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்) ஆகும்.

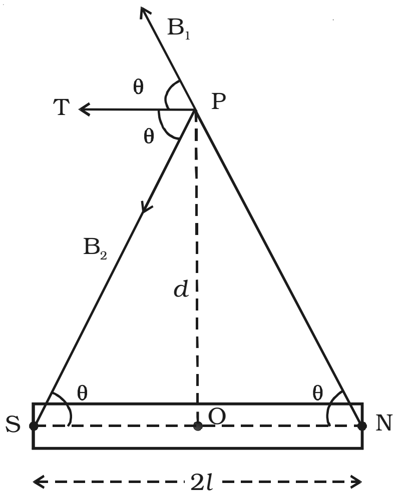
சிறிய சட்டக் காந்தத்திற்கு l-ன் மதிப்பு 'd'யோடு ஒப்பிடுகையில் குறைவானதாகும். எனவே l^2 புறக்கணிக்கப்படுகிறது.

$$\therefore\ B = \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{2M}{d^3}$$

காந்தத்தூண்டலின் திசை அச்சுக்கோட்டில் வட முனையிலிருந்து வெளிப்புறமாக உள்ளது.

10.4 சட்டக் காந்தத்தின் நடு வரைக் கோட்டின் ஒரு புள்ளியில் காந்தத் தூண்டல்

NS என்ற சட்டக் காந்தம் ஒன்றின் நீளம் $2l$ எனவும் அதன் முனைவலிமை m எனவும் கொள்க. காந்தத்தின் மையப்புள்ளி 'O'விலிருந்து மைய வரைக் கோட்டில் 'd' தொலைவில் உள்ள ஒருபுள்ளி P–ஐக் கருதுவோம் (படம் 10.5).



படம் 10.5 நடு வரைக்கோட்டில் காந்தத்தூண்டல்

காந்த வட முனையால் P–இல் காந்தத் தூண்டல்

$$B_1 = \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{m}{NP^2} \quad \text{(NP வழியாக)}$$

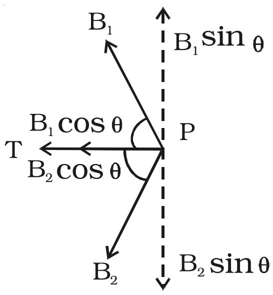
$$= \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{m}{\left(d^2+l^2\right)} \quad \text{(NP வழியாக)}$$

$$(\because NP^2 = NO^2 + OP^2)$$

காந்தத்தின் தென் முனையால் P–இல் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல்

$$B_2 = \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{m}{PS^2} \quad \text{(PS வழியாக)}$$

$$= \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{\left(d^2 + l^2\right)} \quad \text{(PS வழியாக)}$$



படம் 10.6 காந்தப்புலக் கூறுகள்

B_1, B_2 இவற்றை கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்துக் கூறுகளாக பகுக்கும் போது செங்குத்துக் கூறுகள் $B_1 \sin\theta$ மற்றும் $B_2 \sin\theta$–வும் சமமாகவும் எதிர்த்திசையில் அமைவ தாலும் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்து கொள்கின்றன.

கிடைத்தளக் கூறுகள் $B_1 \cos\theta$ மற்றும் $B_2 \cos\theta$–வும் PT வழியே கூடுதல் அடைகின்றன.

சட்டக்காந்தத்தினால் P–இல் தொகுபயன் காந்தத் தூண்டல்

$B = B_1 \cos\theta + B_2 \cos\theta$ (PT வழியாக)

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{d^2 + l^2} \cdot \frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}} + \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{m}{(d^2 + l^2)} \cdot \frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}}$$

$$\left(\because \cos\theta = \frac{SO}{PS} = \frac{NO}{NP}\right)$$

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{2ml}{(d^2 + l^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}} \quad (\text{இதில் } M = 2ml)$$

சிறிய சட்டக் காந்தத்திற்கு l^2 புறக்கணிக்கத்தக்கதாகும்.

$$\therefore B = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{M}{d^3}$$

காந்தத் தூண்டல் B-ன் திசையானது PTயின் வழியாக NSக்கு இணையாகச் செயல்படும்.

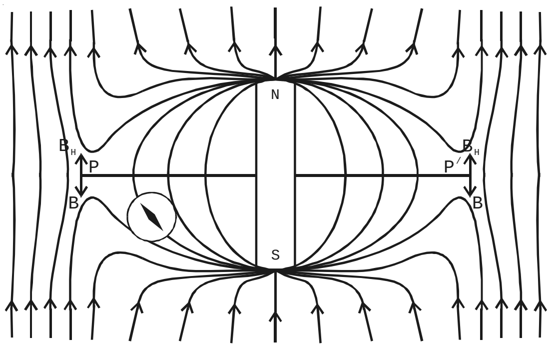
10.5 சட்டக் காந்தத்தினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் வரைபடம் வரைதல்

சமதளமான தாளின் மீது சட்டக் காந்தமொன்று வைக்கப்பட்டு அதன் வடமுனை அருகே சிறிய சுழல் காந்த ஊசியொன்று வைக்கப்படுகிறது. சுழல் காந்த ஊசியின் வடமுனை மற்றும் தென் முனைகள் பென்சில் ஒன்றின் மூலம் புள்ளிகளாகக் குறிக்கப்படுகின்றன. சுழல் காந்த ஊசியினை நகர்த்தி அதன் தென்முனையானது வடமுனைக்கான புள்ளியோடு பொருந்துமாறு செய்து மீண்டும் வடமுனையானது குறிக்கப்படுகிறது. இச் செயலை தொடர்ந்து செய்வதன் மூலம் அடுத்தடுத்தமைந்த புள்ளிகள் பெறப்படுகின்றன. இப்புள்ளிகள் இணைக்கப்பட்டு ஒரு சீரான வளைவரைகோடு பெறப்படுகிறது. இந்த வளைவரைகோடு ஒரு காந்த

விசைக் கோடாகும். சட்டக் காந்தத்தைச் சுற்றிலும் ஒரு சில கோடுகள் மட்டுமே வரையப்பட்டாலும். காந்தவிசைக் கோடுகள் சட்டக் காந்தத்தினைச் சுற்றியுள்ள வெளிமுழுவதும் பரவியுள்ளது.

(i) காந்தத்தின் வடமுனை புவியியல் வடமுனையை நோக்குதல்

வரைபலகையின் மீது தாளொன்று (paper) பொருத்தப் படுகிறது. சுழல் காந்த ஊசியைக் கொண்டு காந்தத் துருவத்தளம் வரையப்படுகிறது. அத்தளத்தின் மீது ஒரு சட்டக் காந்தம் அதன் வட முனை புவியியல் வடமுனையை நோக்குமாறு வைக்கப்படுகிறது. காந்தத்தினைச் சுற்றிலும் காந்த விசைக் கோடுகள் சுழல் காந்த ஊசியைப் பயன்படுத்தி வரையப் படுகின்றன (படம் 10.7).



படம் 10.7 சுழிப்புள்ளிகள் - மையவரைகோடு

சட்டக் காந்தப்புலம் மற்றும் புவிகாந்தப்புலம் இவற்றின் தொகுபயன் விளைவால் காந்த விசைக் கோடுகள் ஏற்படுகின்றன. சட்டக் காந்தத்தின் மைய வரைக் கோட்டில் P மற்றும் P′ என்ற புள்ளிகளில் வைக்கப்பட்ட சுழல் காந்த ஊசி விலக்கம் அடையாது. அப்புள்ளிகள் சுழிப்புள்ளிகள் (Neutral points) எனப்படுகின்றன. இப் புள்ளிகளில் சட்டக் காந்தத்தில் மைய வரைக்கோட்டு காந்தப்புலம் (B) புவிக் காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறினால் (B_h) மிகச் சரியாக சமன் செய்யப்படுகிறது.

எனவே, சட்டக்காந்தம் மற்றும் புவி இவற்றின் தொகுபயன் காந்தப்புலம் எப்புள்ளிகளில் சுழியாக உள்ளதோ அப்புள்ளிகள் சுழிப்புள்ளிகள் எனப்படும்.

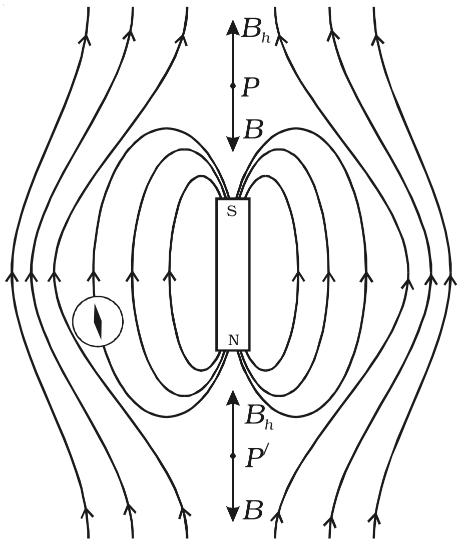
எனவே, சுழிப்புள்ளிகளில் $B = B_h$

$$\frac{\mu_o}{4\pi} \frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}} = B_h$$

(ii) காந்தத்தின் தென்முனை புவியியல் வடமுனையை நோக்குதல்

வரைபலகையில் ஒரு தாள் பொருத்தப்படுகிறது. ஒரு சுழல் காந்த ஊசியின் மூலம் தாளின்மீது காந்தத் துருவத்தளம் வரையப்படுகிறது. அத்தளத்தின் மீது ஒரு சட்டக்காந்தம் அதன் தென்முனை புவியியல் வடமுனையை நோக்குமாறு வைக்கப்படுகிறது. சுழல் காந்த ஊசிமூலம் காந்தத்தைச் சுற்றி காந்த விசைக் கோடுகள் படத்தில் (படம் 10.8) காட்டியவாறு வரையப்படுகின்றன.

சட்டக் காந்தம் மற்றும் புவி இவற்றின் காந்தப் புலங்களின் தொகுபயன் விளைவால் காந்த விசைக் கோடுகள் அமைந்துள்ளன. சட்டக் காந்தத்தின் அச்சுக் கோட்டில் P மற்றும் P' என்ற புள்ளிகளில் வைக்கப்பட்ட சுழல் காந்த ஊசி விலக்கம் அடையாது. அப்புள்ளிகள் சுழிப் புள்ளிகள் எனப்படும். இப் புள்ளிகளில் சட்டக் காந்தத்தின் அச்சுக் கோட்டுக் காந்தப்புலம் (B) ஆனது புவிகாந்தப் புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறினால் (B_h) மிகச்சரியாக சமன் செய்யப்படுகிறது.



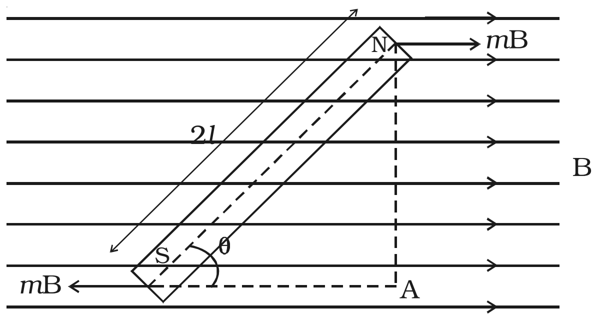
படம் 10.8 சுழிப்புள்ளிகள் – அச்சுக்கோடு

எனவே. சுழி வலிமைப் புள்ளிகளில் $B = B_h$

$$\therefore \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2} = B_h$$

10.6 சீரான காந்தப் புலத்திலுள்ள சட்டக் காந்தத்தின் மீதான திருப்புவிசை

காந்தத் தூண்டல் (B) கொண்ட ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தின் திசைக்கு θ கோணத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள $2l$ நீளமும் 'm' முனை வலிமையும் உள்ள சட்டக் காந்தம் NS ஒன்றைக் கருது வோம் (படம் 10.9).



படம் 10.9 சட்டக்காந்தத்தின் மீதான திருப்பு விசை

காந்தப்புலம் B-ஆல் வடமுனை மீது செயல்படும் விசை mB. இது காந்தப்புலத்தின் திசையில் செயல்படுகிறது. தென்முனை மீது செயல்படும் விசை mB. இதுகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் செயல்படுகிறது.

இந்த இரண்டு விசைகளும் சமமாகவும். எதிர்த்திசைகளிலும் அமைவதால் இவை இரட்டையை உருவாக்குகின்றன. இந்த இரட்டைக்கான திருப்பு விசை,

τ=ஒரு விசையின் மதிப்பு × விசைகளுக்கு இடைப்பட்ட செங்குத்துத் தொலைவு

$$\tau = F \times NA$$
$$= mB \times NA \qquad ...(1)$$
$$= mB \times 2l \sin\theta$$
$$\therefore \tau = MB \sin\theta \qquad ...(2)$$

$\tau = \vec{M} \times \vec{B}$ என்று வெக்டர் குறியீட்டால் குறிக்கப்படும்.

$\vec{\tau}$ இன் திசையானது, $\vec{M}$ மற்றும் $\vec{B}$ இவைகளைக் கொண்ட தளத்திற்குச் செங்குத்தாக அமைந்துள்ளது.

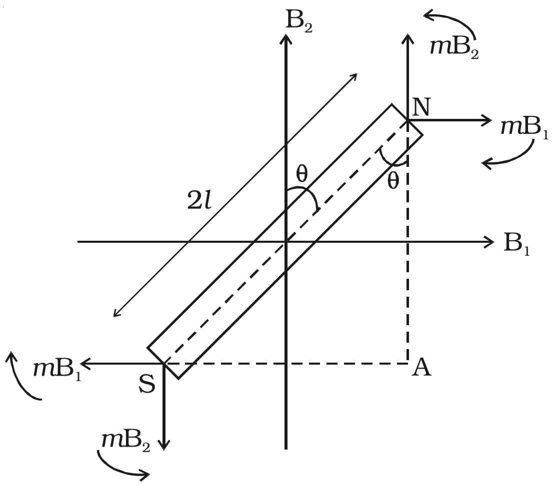
$B = 1$ எனவும், $\theta = 90^o$ எனில், சமன்பாடு (2)லிருந்து $\tau = M$.

எனவே காந்தத் திருப்புத் திறன் M என்பது ஓரலகு காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப் புலத்தில் அதற்குச் செங்குத்தாக ஒரு காந்தத்தை வைக்கத் தேவையான திருப்பு விசைக்குச் சமம்.

10.7 டேஞ்ஜெண்ட் விதி

ஒன்றுக்கொன்று நேர்க்குத்தான இரு காந்தப் புலங்கள் செயல்படும் புள்ளியில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள காந்த ஊசியானது அவ்விரு புலங்களின் தொகுபயன் புலத்தின் திசையில் ஓய்வு நிலைக்கு வரும்.

B_1 மற்றும் B_2 என்பவை இரு சீரான செங்குத்தாகச் செயற்படும் காந்தப்புலங்களாகும். இவ்விரண்டு காந்தப்புலங்கள் செயற்படும் இடத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு காந்த ஊசி இரு திருப்பு விசைகளுக்கு உட்டுபகிறது. இவை காந்த ஊசியை எதிரெதிர்த் திசைகளில் சுழற்ற முற்படுகின்றன. இரு சமமான மற்றும் எதிரெதிரான இணைவிசைகள் mB_1 மற்றும் mB_1 உருவாக்கும் திருப்புவிசை (τ_1) காந்தத்தினை B_1–க்கு இணையாக நிறுத்த முயலும். இதே போன்று mB_2 மற்றும் mB_2 எனும் இரு சமமான மற்றும் எதிரெதிரான இணை விசைகளால் ஏற்படும் திருப்பு விசை (τ_2) காந்தத்தினை B_2–க்கு இணையாக நிறுத்த முயலும். இரண்டு திருப்பு விசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று சமநிலையை அடையும் திசையில் காந்தமானது ஓய்வு நிலைக்கு வரும். இப்போது (படம் 10.10-ல் காட்டியபடி) காந்தம் B_2–உடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் θ ஆகும்.



படம் 10.10 டேஞ்சன்ட் விதி

விசைகள் mB_1 மற்றும் mB_1 ஏற்படுத்தும் விலக்கல் திருப்புவிசை

$$\tau_1 = mB_1 \times NA$$
$$= mB_1 \times NS \cos\theta$$
$$= mB_1 \times 2l \cos\theta$$
$$= 2l\, mB_1 \cos\theta$$
$$\therefore \tau_1 = MB_1 \cos\theta$$

இதே போல் விசைகள் mB_2 மற்றும் mB_2 ஏற்படுத்தும் மீள்திருப்பு விசை

$$\tau_2 = mB_2 \times SA$$
$$= mB_2 \times 2l \sin\theta$$
$$= 2lm \times B_2 \sin\theta$$
$$\tau_2 = MB_2 \sin\theta$$

சமநிலையில் $\tau_1 = \tau_2$

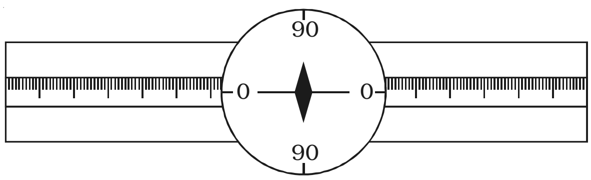
$$\therefore MB_1 \cos\theta = MB_2 \sin\theta$$
$$\therefore B_1 = B_2 \tan\theta$$

இதுவே டேஞ்ஜென்ட் விதியாகும்.

டேஞ்ஜென்ட் விதியின் பயன்பாடுகளில் மீள்காந்தப்புலம் B_2 என்பது எப்போதும் புவிக்காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு B_h ஆகும்.

10.8 விலகு காந்தமானி

விலகு காந்தமானியில் ஓர் கூர்முனை மீது மிகச் சிறிய காந்தஊசி கிடைத்தளத்தில் தடையின்றிச் சுழலுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு லேசான மெல்லிய நீண்ட அலுமினியக் குறிமுள் ஒன்று காந்த ஊசிக்குச் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இக்குறி முள்ளும் காந்த ஊசியுடன் சேர்ந்து சுழலும் (படம் 10.11).



படம் 10.11 விலகு காந்தமானி

நான்கு கால் வட்டங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு 0^o முதல் 90^o வரை குறிக்கப்பட்ட ஒரு வட்ட அளவுகோல் இதில் உள்ளது. சமதள ஆடி வட்ட அளவுகோலின் கீழே பொருத்தப்பட்டு, குறிமுள் அதன் பிம்பத்தோடு இணைந்து தெரியும்படி

செய்யப்படுவதால் இடமாறு தோற்றப்பிழை இல்லாமல் அளவீடு செய்வதற்கு உதவுகிறது. குறிமுள், காந்த ஊசி மற்றும் அளவுகோல் ஆகியவை மேற்புறம் கண்ணாடி பொருத்தப்பட்ட பெட்டியில் உள்ளன. இதன் இருபுறமும் சென்டி மீட்டர் அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்ட இருபுயங்கள் உள்ளன. அவற்றின் சுழி அளவுகள் காந்த ஊசியின் மையத்துடன் பொருந்துகின்றன.

10.8.1 முனை நோக்கும் நிலை அல்லது டேன் A நிலை (End –on or Tan A)

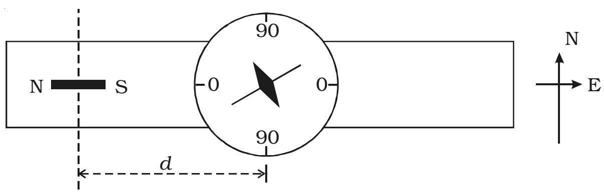
சட்டக் காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலமானது, புவிக்காந்தப் புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறுக்குச் செங்குத்தாக அமையும். விலகு காந்தமானியும் சட்டக் காந்தமும் இந்த நிபந்தனைக்கு ஏற்ப வைக்கப்பட்டால் இந்நிலை டேன் A நிலை எனப்படும்.

டேன் A நிலையில் வைப்பதற்கு விலகுகாந்தமானியின் புயங்கள் கிழக்கு-மேற்கு திசையில் அதாவது காந்தப்புலத் தளத்திற்கு செங்குத்தாக வைக்கப்படுகிறது. சட்டக் காந்தமானது கிழக்கு - மேற்கு திசையில் விலகுகாந்தமானியின் புயங்களுக்கு இணையாக படத்தில் உள்ளவாறு வைக்கப்படுகிறது (படம் 10.12).

$2l$ நீளமும், M காந்தத் திருப்புத் திறனுள்ள சட்டக் காந்தம், காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து 'd' தொலைவில் வைக்கப்படுகிறது. இரு காந்தப் புலங்களின் செயல்பாட்டால் காந்த ஊசியானது θ கோணம் விலக்கமடைகிறது. அவைகள் **(i)** சட்டக் காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள காந்தப்புலம் B மற்றும் **(ii)** புவிக்காந்தப் புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு B_h.

சட்டக் காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் 'd' தொலைவில் அமைந்துள்ள புள்ளியில்

காந்தப்புலம் $B = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2}$



டேஞ்ஜெண்ட் விதிப்படி

$$B = B_h \tan \theta$$

$$\frac{\mu_o}{4\pi} \cdot \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2} = B_h \tan \theta$$

படம் 10.12 டேன் **A** நிலை

இரு சட்டக் காந்தங்களின் திருப்புத் திறன்களை ஒப்பிடுதல்

(i) விலகல் முறை : **டேன்** A நிலையில் விலகுகாந்தமானி வைக்கப்படுகின்றது (படம் 10.13). விலகு காந்தமானியின் ஒரு புயத்தில் M_1 திருப்புத்திறனும் $2l_1$ நீளமும் உள்ள சட்டக் காந்தமொன்று காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து d_1 தொலைவில் காந்த ஊசிப் பெட்டியின் ஒருபுறம்

வைக்கப்படுகிறது. விலகு காந்தமானியின் நுண்ணுணர்வு 45^o-யில் அதிகமாக இருப்பதால் காந்தத்தின் தொலைவு விலகுகாந்தமானியின் விலக்கங்கள் 30^o முதல் 60^o வரை இருக்குமாறு தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. அலுமினியக் குறிமுள்ளின் முனை காட்டுகின்ற அளவீடுகள் θ_1 மற்றும் θ_2 எனக் குறிக்கப்படுகின்றன. காந்தத்தின் முனைகள் திருப்பப்பட்டு அதே தொலைவில் வைக்கப்பட்டு மேலும் இரு அளவீடுகள் θ_3 மற்றும் θ_4 குறிக்கப்படுகின்றன. காந்தத்தினை காந்த ஊசிப்பெட்டியின் மறுபக்கத்தில் அதே தொலைவில் வைத்து மேலும் நான்கு அளவீடுகள் θ_5, θ_6, θ_7 மற்றும் θ_8 முன்போல் குறிக்கப்படுகின்றன. இந்த எட்டு அளவீடுகளின் சராசரி θ_I ஆகும்.

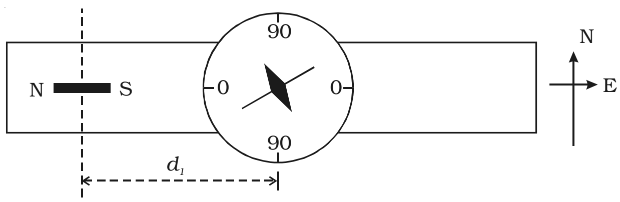
திருப்புத்திறன் M_2 மற்றும் நீளம் $2l_2$ உள்ள இரண்டாவது காந்தத்தினை d_2 தொலைவில் வைத்து மேற்சொன்னவாறு சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. இப்போது எட்டு அளவீடுகளின் சராசரி மதிப்பானது θ_{II} ஆகும்.

முதல் காந்தத்திற்கு டேஞ்ஜென்ட் விதியின்படி

$$\frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{2M_1 d_1}{(d_1^{\ 2} - l_1^{\ 2})^2} = B_h \tan\theta_I \qquad ...(1)$$

இரண்டாவது காந்தத்திற்கு,

$$\frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{2M_2 d_2}{(d_2^{\ 2} - l_2^{\ 2})^2} = B_h \tan\theta_{II} \qquad ...(2)$$



படம் 10.13 விலகல் முறை

சமன்பாடு (1) மற்றும் (2) லிருந்து

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\left(d_1^2 - l_1^2\right)^2}{\left(d_2^{\ 2} - l_2^{\ 2}\right)^2}\ \frac{d_2}{d_1}\ \frac{\tan\theta_I}{\tan\theta_{II}} \qquad ...(3)$$

சிறப்பு நேர்வு :

காந்தங்கள் ஒரே தொலைவில் வைக்கப்பட்டால் $d_1 = d_2 = d$

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{\left(d^2 - l_1^2\right)^2}{\left(d^2 - l_2^2\right)^2} \quad \frac{\tan\theta_I}{\tan\theta_{II}}$$

மேலும் தொலைவு 'd' ஐ ஒப்பிட l_1 மற்றும் l_2 என்பனவற்றைச் சிறியனவாகக் கொண்டால்

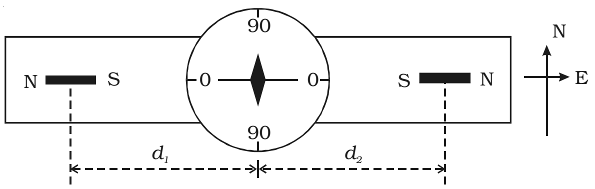
$$\therefore \frac{M_1}{M_2} = \frac{\tan\theta_I}{\tan\theta_{II}}$$

(ii) சுழி விலகல் முறை :

விலகுகாந்தமானி டேன் A நிலையில் வைக்கப்படுகிறது. காந்தத் திருப்புத் திறன் M_1 மற்றும் நீளம் $2l_1$ கொண்ட ஒரு சட்டக் காந்தம், காந்த ஊசிப் பெட்டியின் மையத்திலிருந்து d_1 தொலைவில் வைக்கப்படுகிறது. காந்தத்திருப்புத்திறன் M_2 மற்றும் நீளம் $2l_2$ கொண்ட இரண்டாவது சட்டக் காந்தம் காந்த ஊசிப் பெட்டியின் மறுபக்கத்தில் காந்தங்களின் முனைகள் ஒன்றையொன்று நோக்குமாறு வைக்கப்படுகிறது. முதல் காந்தம் ஏற்படுத்தும் விலகல் சுழியாகும் வகையிலும் அலுமினியக் குறிமுள் $0^o - 0^o$ அளவினைக் காட்டுமாறும் இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவு சரி செய்யப்பட்டு அது x_1 எனக் குறிக்கப்படுகிறது. முதல் காந்தத்தின் முனைகள் திருப்பப்பட்டு அதே தொலைவு d_1–இல் வைக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது காந்தத்தின் முனைகளும் திருப்பப்பட்டு அலுமினியக் குறிமுள் $0^o–0^o$ காட்டும் வகையில் அதன் தொலைவு சரிசெய்யப்படுகிறது. இப்போது இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவு x_2 ஆகும்.

காந்தங்களை எதிர்ப்புயங்களுக்கு மாற்றி சோதனை மீண்டும் முன்போல் செய்யப்படுகிறது. மேலும் இரண்டு தொலைவுகள் x_3 மற்றும் x_4 குறித்துக் கொள்ளப்படும். தொலைவுகள் x_1, x_2, x_3 மற்றும் x_4 இவற்றின் சராசரி d_2 என எடுத்துக் கொள்ளப்படும்.

சட்டக் காந்தங்களினால் காந்த முள்ளின் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தப் புலங்கள் எண்மதிப்பில் சமமாகவும், எதிர்த் திசைகளிலும் இருக்கும்.



படம் 10.14 சுழி விலகல் முறை

அதாவது, $B_1 = B_2$

$$\frac{\mu_o}{4\pi} \frac{2M_1d_1}{(d_1^{\,2} - l_1^{\,2})^2} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{2M_2d_2}{(d_2^{\,2} - l_2^{\,2})^2}$$

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{\left(d_1^2 - l_1^2\right)^2}{\left(d_2^{\,2} - l_2^{\,2}\right)^2} \quad \frac{d_2}{d_1}$$

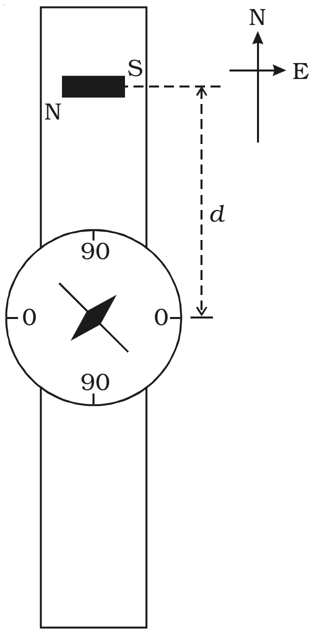
சட்டக் காந்தங்கள் சிறியனவாயின், தொலைவுகள் d_1 மற்றும் d_2–ஐ நோக்க l_1மற்றும் l_2 புறக்கணிக்கத்தக்கவை

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1^{\,3}}{d_2^{\,3}}$$

10.8.2 மையம் நோக்கும் நிலை அல்லது டேன் B நிலை (Broad side on (or) Tan B position)

ஒரு சட்டக் காந்தத்தின் நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம், புவிக்காந்தப்புலக் கிடைத்தளக் கூறிற்குச் செங்குத்தாக உள்ளது. இந்த நிபந்தனைக்கு ஏற்ப விலகு காந்தமானியும், சட்டக் காந்தமும் வைக்கப்பட்டுள்ள அமைப்பு டேன் B நிலை ஆகும்.

இதைப் பெறுவதற்கு விலகுகாந்தமானியின் புயங்கள், வட, தென் திசைகளில் வைக்கப்படுகின்றன. அதாவது புயங்கள் காந்தத் துருவத் தளத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. சட்டக் காந்தம் கிழக்கு மேற்குத் திசையில் அலுமினியக் குறிமுள்ளிற்கு இணையாக வைக்கப்படுகிறது (படம் 10.15).



படம் 10.15 டேன் B நிலை

காந்தத் திருப்புத்திறன் M மற்றும் $2l$ நீளம் கொண்ட ஒரு சட்டக் காந்தம், காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து d தொலைவில் வைக்கப்படும் போது **(i)** நடுவரைக்கோட்டின் வழியே செயல்படும் சட்டக்காந்தம் ஏற்படுத்தும் காந்தப்புலம் B மற்றும் **(ii)** புவிக்காந்தப்புல கிடைத்தளக்கூறு B_h என்ற இரு காந்தப் புலங்களின் செயற்பாட்டினால் காந்த ஊசி θ கோணம் விலகல் அடைகிறது. சட்டக் காந்தத்தின் நடுவரைக் கோட்டில் தொலைவு d-ல்

$$\text{காந்தப்புலம் } B = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}}$$

டேஞ்ஜென்ட் விதியின்படி,

$$B = B_h \tan \theta$$

$$\frac{\mu_o}{4\pi} \frac{M}{(d^2 + l^2)^{3/2}} = B_h \tan \theta$$

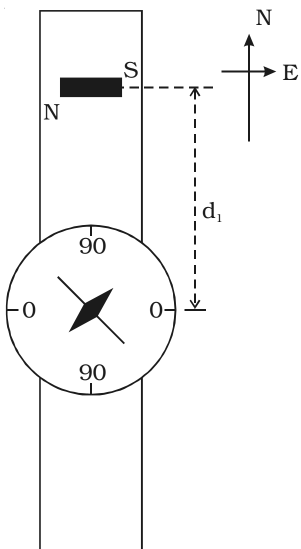
சட்டக்காந்தம் சிறியதாக இருக்கும்போது தொலைவு d–ஐ நோக்க l சிறியதாக இருப்பதால் l^2 புறக்கணிக்கப்படுகிறது.

$$\frac{\mu_o}{4\pi} \frac{M}{d^3} = B_h \tan \theta$$

இரு சட்டக் காந்தங்களின் காந்தத் திருப்புத் திறன்களை ஒப்பிடுதல்

(i) விலகல் முறை :

விலகு காந்தமானி டேன் B நிலையில் வைக்கப்படுகிறது. காந்தத் திருப்புத் திறன் M_1 மற்றும் $2l_1$ நீளம் கொண்ட ஒரு சட்டக் காந்தம் காந்த ஊசிப் பெட்டியின் ஒரு பக்கத்தில் காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து d_1 தொலைவில் வைக்கப்படுகிறது (படம் 10.16). விலகு காந்தமானியின் நுண்ணுணர்வு 45^o -ல் அதிகமாக இருப்பதால் விலகல் 30^oக்கும் 60^oக்கும் இடையில் அமையும் வகையில் சட்டக் காந்தத்தின் தொலைவு தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. அலுமினியக் குறிமுள் முனை காட்டும் அளவீடுகள் θ_1, θ_2 என குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. சட்டக் காந்தம் அதன் காந்த முனைகள் திருப்பப்பட்டு அதே தொலைவில் வைக்கப்படுகிறது. மேலும் இரண்டு அளவீடுகள் θ_3, θ_4 குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. காந்த ஊசிப் பெட்டியின் மறுபக்கத்தில் சட்டக் காந்தத்தை அதே தொலைவில் வைப்பதன் மூலம் முன்போல் மேலும் நான்கு அளவீடுகள் θ_5, θ_6, θ_7, θ_8 குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. எட்டு அளவீடுகளின் சராசரி மதிப்பு θ_I ஆகும்.



படம் 10.16 விலகல் முறை

காந்தத் திருப்புத்திறன் M_2 மற்றும் நீளம் $2l_2$ கொண்ட இரண்டாவது சட்டக் காந்தத்தினை d_2 தொலைவில் வைத்து சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. இதற்கான எட்டு அளவீடுகளின் சராசரி மதிப்பு θ_{II}-ஐத் தருகிறது.

டேன்ஜென்ட் விதிப்படி முதல் சட்டக் காந்தத்திற்கு

$$\frac{\mu_o}{4\pi} \frac{M_1}{(d_1{}^2 + l_1{}^2)^{3/2}} = B_h \tan\theta_I \qquad ...(1)$$

மற்றும் இரண்டாவது சட்டக்காந்தத்திற்கு

$$\frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{M_2}{(d_2{}^2+l_2{}^2)^{3/2}} = B_h \tan\theta_{II} \qquad ...(2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)லிருந்து

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{\left(d_1^2+l_1^2\right)^{3/2}}{\left(d_2{}^2+l_2{}^2\right)^{3/2}}\quad\frac{\tan\theta_I}{\tan\theta_{II}} \qquad ...(3)$$

சிறப்பு நேர்வு

சட்டக் காந்தங்கள் ஒரே தொலைவில் வைக்கப்பட்டால் $d_1 = d_2 = d$

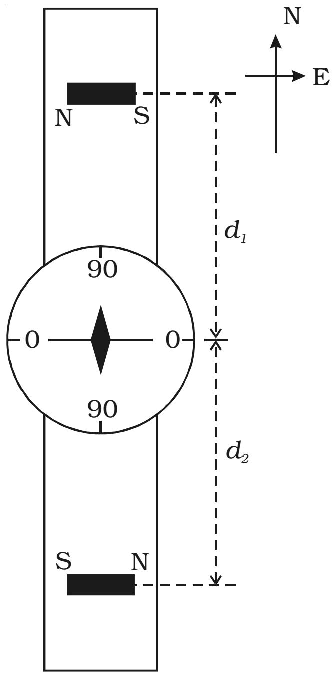
$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{\left(d^2+l_1^2\right)^{3/2}}{\left(d^2+l_1^2\right)^{3/2}}\cdot\frac{\tan\theta_I}{\tan\theta_{II}}$$

மேலும் தொலைவு d ஐ ஒப்பிட l_1 மற்றும் l_2 சிறியவனவாயின்

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{\tan\theta_I}{\tan\theta_{II}}$$

(ii) சுழிவிலகல் முறை

விலகு காந்தமானி டேன் B நிலையில் வைக்கப்படுகிறது. (படம் 10.17) காந்தத் திருப்புத் திறன் M_1, நீளம் $2l_1$ கொண்ட ஒரு சட்டக்காந்தம், காந்த ஊசிப் பெட்டியின் ஒரு பக்கத்தில் காந்த ஊசியின் மையத்திலிருந்து d_1 தொலைவில் வைக்கப்படுகிறது. காந்தத் திருப்புத் திறன் M_2 மற்றும் நீளம் $2l_2$ கொண்ட இரண்டாவது சட்டக்காந்தம், காந்த ஊசிப்பெட்டியின் மறுபக்கத்தில் வேறின முனைகள் ஒன்றை ஒன்று நோக்கும் வகையில் வைக்கப்படுகிறது. முதல் காந்தம் ஏற்படுத்தும் விலகல் சுழியாகும் வகையிலும் அலுமினியக் குறிமுள் 0^o - 0^o அளவினைக் காட்டுமாறும், இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவு சரி செய்யப்படுகிறது. இப்போது இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவு x_1 ஆகும் - முதல் காந்தத்தின் முனைகள் திருப்பப்பட்டு



படம் 10.17 சுழிவிலகல் முறை

அது தொலைவு d_1-ல் வைக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது காந்தமும் முனைகள் திருப்பப்பட்டு அலுமினியம் குறிமுள் 0^o - 0^o காட்டும் வகையில் அதன் தொலைவு சரி செய்யப்படுகிறது. இப்போது இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவு x_2 ஆகும்.

காந்தங்களை எதிர்ப்புயங்களுக்கு மாற்றி முன்போல் சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. மேலும் இரண்டு தொலைவுகள் x_3 மற்றும் x_4 குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. தொலைவுகள் x_1, x_2, x_3 மற்றும் x_4 ஆகியவற்றின் சராசரி d_2என எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

காந்த ஊசிப்பெட்டியின் மையத்தில் இரு சட்டக் காந்தங்களால் ஏற்படும் காந்தப்புலங்கள், எண் மதிப்பில் சமமாகவும், எதிரெதிர்த் திசைகளிலும் உள்ளன.

$$\therefore \quad B_1 = B_2$$

$$\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{M_1}{(d_1^{\,2}+l_1^{\,2})^{3/2}} = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{M_2}{(d_2^{\,2}+l_2^{\,2})^{3/2}}$$

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{\left(d_1^2+l_1^2\right)^{3/2}}{\left(d_2^{\,2}+l_2^{\,2}\right)^{3/2}}$$

சட்டக் காந்தங்கள் சிறியனவெனில் தொலைவுகள் d_1, d_2–ஐ நோக்க l_1 மற்றும் l_2 புறக்கணிக்கத்தக்கவை.

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1^{\,3}}{d_2^{\,3}}$$

10.9 பொருள்களின் காந்தப் பண்புகள்

நிலையான காந்தங்கள் அல்லது மின்காந்தங்கள் அல்லது மின்மாற்றியின் உள்ளகம் போன்றவற்றிற்குத் தகுந்த தேவையான பொருள்கள், அவைகளின் காந்தப் பண்புகளைப் பொருத்தே அமைகின்றன. எனவே பொருள்களின் காந்தப் பண்புகளைப் பற்றிய அறிவு முக்கியத்துவம் பெறுகிறது. காந்தப் பண்புகளைப் பொருத்து பொருள்களை வகைப்படுத்துவதற்கு முன்பாக கீழ்க்காண்பவை வரையறுக்கப் படுகின்றன.

(i) காந்தமாக்கும் புலம் (அல்லது) காந்தப்புலச் செறிவு

ஒரு பொருளை காந்தமாக்கப் பயன்படும் காந்தப்புலம், காந்தமாக்கும்புலம் அல்லது காந்தப்புலச் செறிவு எனப்படும். இது H என்று குறிக்கப்படும். இதன் அலகு $A\ m^{-1}$ ஆகும்.

(குறிப்பு : காந்தப் பண்பின் தோற்றம் மின்னோட்டத்துடன் தொடர்புடையது ஆகையால், காந்தப்புலச் செறிவு ஆம்பியர் சுற்று மூலம் வரையறுக்கப்படுகிறது. இதன் விளக்கம் தற்போதைக்கு தேவையில்லை.)

(ii) காந்த உட்புகுதிறன்

காந்த உட்புகுதிறன் என்பது, ஒரு பொருள் அதனுள்ளே காந்தவிசைக் கோடுகளை அனுமதிக்கும் திறனைக் குறிக்கும்.

ஒரு பொருளின் ஒப்புமை உட்புகுதிறன் μ_r என்பது ஒரே காந்தமாக்கும் புலத்தினால் உருவாக்கப்படும் பொருளின் ஓரலகுப் பரப்பிற்கான காந்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் (B) வெற்றிடத்தில் ஓரலகு பரப்பிற்கான காந்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் (B_o) உள்ள தகவு ஆகும்.

$$\therefore \text{ ஒப்புமை உட்புகுதிறன் } \mu_r = \frac{B}{B_o}$$

$$\mu_r = \frac{\mu H}{\mu_o H} = \frac{\mu}{\mu_o}$$

$\therefore$ ஊடகத்தின் உட்புகுதிறன் $\mu = \mu_o \mu_r$ இதில் μ_o என்பது வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன்.

ஒரு ஊடகத்தின் காந்த உட்புகுதிறன் μ எனப்படுவது ஊடகத்தினுள்ளே காந்தத் தூண்டல் B க்கும், அதே ஊடகத்திலுள்ள காந்தப்புலச்செறிவு H க்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும்.

$$\therefore \mu = \frac{B}{H}$$

(iii) காந்தமாக்கும் செறிவு

காந்தமாக்கும் புலத்தின் (H) மூலம் ஒரு பொருள் எந்த அளவிற்குக் காந்தமாக்கப் படுகிறதோ அதனை, காந்தமாக்கச் செறிவு குறிக்கிறது.

ஒரு காந்தப் பொருளின் காந்தமாக்கச் செறிவு என்பது ஓரலகு பருமனுக்கான பொருளின் காந்தத் திருப்புத் திறன் ஆகும்.

$$I = \frac{M}{V} \text{ இதன் அலகு A } m^{-1} \text{ ஆகும்.}$$

ஒரு காந்தப் பொருளின் நீளம் $2l$, குறுக்குப் பரப்பு A மற்றும் முனைவலிமை m எனில்

$$I = \frac{2lm}{2lA}$$

$$\therefore I = \frac{m}{A}$$

ஒரு பொருளின் ஓரலகு குறுக்குப் பரப்பிற்கான முனை வலிமை காந்தமாக்கச் செறிவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

(iv) காந்தத் தூண்டல்

ஒரு தேனிரும்புத் துண்டு சீரான காந்தப்புலச் செறிவு H கொண்ட ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்படும்போது, தேனிரும்புத் துண்டில் உள்ள காந்தத் தூண்டல் Bயானது காந்தப்புலச் செறிவு மூலம் வெற்றிடத்தில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல் B_o மற்றும் பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தமாக்கலால் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல் B_m இவைகளின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

$$B = B_o + B_m$$

ஆனால் $B_o = \mu_o H$ மற்றும் $B_m = \mu_o I$

$$B = \mu_o H + \mu_o I$$

$$\therefore B = \mu_o (H + I)$$

(v) காந்த ஏற்புத் திறன்

காந்த ஏற்புத் திறன் என்ற பண்பு ஒரு பொருள் எவ்வளவு எளிதில் மற்றும் எவ்வளவு வலுவுடன் காந்தமாக்கப்படுகிறது என்பதைத் தீர்மானிக்கிறது.

ஒரு பொருளின் காந்த ஏற்புத் திறன் χ_m என்பது பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தமாக்கச் செறிவிற்கும் (I) அது வைக்கப்பட்டுள்ள காந்தமாக்கும் புலத்தின், காந்த புலச்செறிவுக்கும் (H) உள்ள தகவாகும்.

$$\chi_m = \frac{I}{H}$$

I மற்றும் H இவை ஒரே பரிமாணங்களைக் கொண்டுள்ளதால் χ_m–க்கு அலகு இல்லை. மேலும் χ_m பரிமாணமற்றது.

χ_m மற்றும் μ_r க்கான தொடர்பு

$$\chi_m = \frac{I}{H}$$

$$\therefore I = \chi_m H$$

$$B = \mu_o (H + I)$$

$$B = \mu_o (H + \chi_m H)$$

$$B = \mu_o H (1 + \chi_m)$$

μ என்பது காந்த உட்புகுதிறன் எனில், $B = \mu H$.

$$\therefore \ \mu H = \mu_o H (1 + \chi_m)$$

$$\frac{\mu}{\mu_o} = (1 + \chi_m)$$

$$\therefore \ \mu_r = 1 + \chi_m$$

10.10 காந்தப் பொருள்களை வகைப்படுத்துதல்

காந்தமாக்கும் புலத்தினுள் பொருள்களின் பண்புகளைப் பொருத்து அவற்றை பொதுவாக மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) டயா காந்தப் பொருள்கள்

(ii) பாரா காந்தப் பொருள்கள்

(iii) ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்கள்

(i) டயா காந்தப் பொருள்களின் பண்புகள்

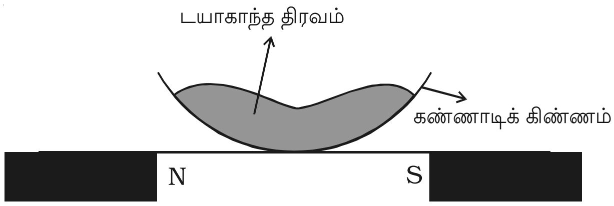
நிகர காந்தத் திருப்புத்திறன் சுழி மதிப்பைப் பெற்ற அணுக்களைக் கொண்ட பொருள்கள் டயா காந்தப் பொருள்கள் எனப்படும்.

(1) காந்த ஏற்புத் திறன் எதிர்க்குறிக் கொண்ட குறைந்த மதிப்புடையது. (எடுத்துக்காட்டு : பிஸ்மத்திற்கு $\chi_m = -0.00017$)

(2) காந்த ஏற்புத் திறன் வெப்பநிலையை பொருத்தது அல்ல.

(3) ஒப்புமை உட்புகுதிறனின் மதிப்பு ஒன்றை விட சற்றே குறைவு.

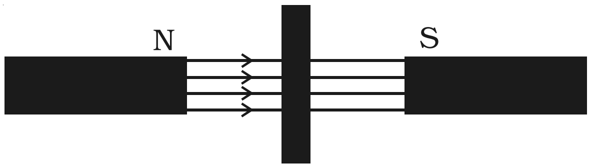
(4) இப்பொருள்கள் சீரற்ற காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்படும் போது, புலத்தை விட்டு நகர்ந்து செல்லும். அதாவது புலத்தின் வலுமிகுந்த பகுதியிலிருந்து வலு குறைந்த பகுதியை நோக்கிச் செல்லும். படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் அப்பொருள்கள் புலத்திற்கு எதிரான திசையில் காந்தமடையும் (படம் 10.18).



படம் 10.18 டயா காந்தப் பண்புள்ள திரவம்

(5) சீரான காந்தப்புலத்தில் தன்னிச்சையாக தொங்கவிடப்படும் போது இப்பொருள்கள் புலத்திற்கு செங்குத்தான திசையில் வந்து நிற்கும் (படம் 10.19).

எடுத்துக்காட்டுகள் : Bi, Sb, Cu, Au, Hg, H_2O, H_2 போன்றவை.



படம் 10.19 காந்தப் புலத்தில் செங்குத்தாக டயா காந்தப் பொருள்கள்

(ii) பாரா காந்தப் பொருள்களின் பண்புகள்

ஒரு பொருளின் அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் சுழியற்ற நிகர காந்தத் திருப்புத் திறனைக் கொண்டிருந்தால் அவை பாரா காந்தப்பொருள்கள் எனப்படும்.

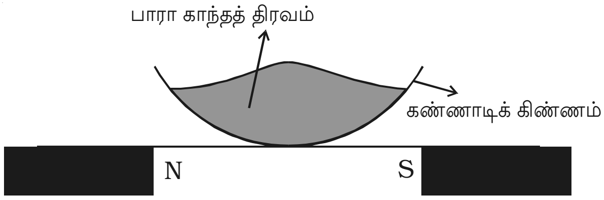
(1) காந்த ஏற்புத் திறன் நேர்க்குறி கொண்ட குறைந்த மதிப்புடையது. எடுத்துக்காட்டு : அலுமினியத்திற்கு $\chi_m = +0.00002$

(2) காந்த ஏற்புத் திறன் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு எதிர்த்தகவில் அமையும்.

$\chi_m \alpha \frac{1}{T}$ அதாவது வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது காந்த ஏற்புத்திறன் குறைகிறது.

(3) ஒப்புமை உட்புகுதிறன் ஒன்றைவிட அதிகம்.

(4) இப்பொருள்கள் சீரற்ற காந்த புலத்தில் வைக்கப்படும் போது புலத்தின் வலு குறைந்த பகுதியிலிருந்து வலுமிக்க பகுதியை நோக்கி நகரும். அவை காந்தப் புலத்தின் திசையிலேயே காந்தமடைகிறது (படம் 10.20).



படம் 10.20 பாரா காந்தத் திரவம்

(5) சீரான காந்தப்புலத்தில் தன்னிச்சையாக தொங்கவிடப்படும்போது அவை புலத்திற்கு இணையாக வந்து நிற்கும் (படம் 10.21).



படம் 10.21 காந்தப் புலத்திற்கு இணையாக பாராகாந்தப் பொருள்

எடுத்துக்காட்டு : Al, Pt, Cr, O_2, Mn, $CuSO_4$ போன்றவை

(iii) ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் பண்புகள்

ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்களில் உள்ள அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் ஒரு வலிமையான நிகர காந்தத் திருப்புத் திறனை இயல்பாகவே பெற்றுள்ளன. இப்பொருள்கள் மிகுதியான பாரா காந்தப் பண்புகளைக் காட்டுகின்றன.

(1) காந்த ஏற்புத் திறனும் மற்றும் ஒப்புமை உட்புகுதிறனும் மிக அதிகம். (எடுத்துக்காட்டு இரும்புக்கு, $\mu_r = 200{,}000$)

(2) காந்த ஏற்புத் திறன் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு எதிர்த்தகவில் அமையும். அதாவது $\chi_m \, \alpha \, \frac{1}{T}$. வெப்பநிலை உயரும்போது காந்த ஏற்புத்திறன் குறைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்கள் பாரா காந்தப் பொருள்களாக மாறுகின்றன. இந்த பெயர்வு வெப்பநிலைக்கு கியூரி **(Curie)** வெப்பநிலை என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டு : இரும்புக்கான கியூரி வெப்பநிலை சுமாராக **1000 K.**

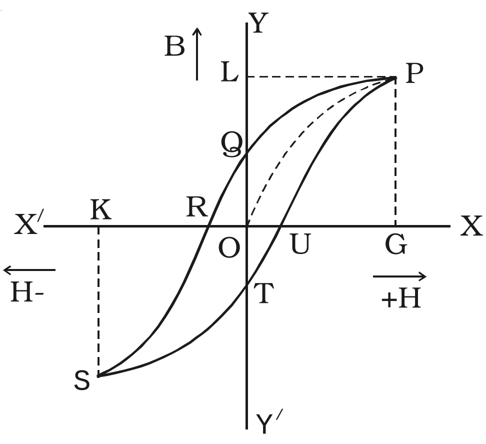
(3) சீரான காந்தப்புலத்தில் தன்னிச்சையாக தொங்கவிடப்படும்போது, அவை காந்தப் புலத்திற்கு இணையாக வந்து நிற்கும்.

(4) இப்பொருள்கள் சீரற்ற காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும்போது வலிமை குறைந்த பகுதியிலிருந்து வலிமைமிக்கப் பகுதியை நோக்கி நகரும். காந்தப் புலத்திசையில் அவை காந்தமடைகின்றன.

எடுத்துக்காட்டு Fe, Ni, Co மற்றும் இவற்றின் பல உலோகக் கலவைகள்.

10.11 காந்தத் தயக்கம் (Hysteresis)

ஒரு காந்தமாக்கும் புலச் செறிவு H மூலம் மெதுவாக காந்தமடையும் இரும்புத் தண்டு ஒன்றைக் கருதுவோம். காந்தமாக்கும் புலச் செறிவு H மாற்றப்படக் கூடியது. காந்தமாக்கும் புலச் செறிவு H அதிகரிக்கும்போது இரும்புத் தண்டிலுள்ள காந்தத் தூண்டல் B அதிகரித்து, பின்னர் ஒரு தெவிட்டு நிலையை அடைகிறது. இது பாதை OP-யின் மூலம் காட்டப்படுகிறது. (படம் 10.22).



படம் 10.22 காந்தத் தயக்கக் கண்ணி

காந்தமாக்கும் புலம் மெதுவாக குறைக்கப்படும்போது காந்தத் தூண்டல்

குறைகிறது. ஆனால் காந்த தூண்டல் B, PO வழியாகத் திரும்புவதில்லை. மாறாக H = 0 ஆகும்போது B-யின் மதிப்பு சுழி ஆகாமல் மதிப்பு OQ–ஐப் பெறுகிறது. இரும்புத் தண்டில் காந்தப் பண்பு மீதம் இருப்பதை இது காட்டுகிறது. காந்தமாக்கும் புலம் சுழியாகக் குறைக்கப்பட்ட பின்பும் ஒரு பொருளிலுள்ள காந்தத் தூண்டலின் மதிப்பு அதன் மீத காந்தத் தூண்டல் **(residual magnetic induction)** எனப்படும். படத்தில் OQ பொருளின் மீதக் காந்தப்பண்பைக் காட்டுகிறது. இப்போது காந்தமாக்கும் புலச் செறிவினை எதிர்த்திசையில் அளிக்கும்போது காந்தத் தூண்டல் QR வழியே குறைந்து R-ல் சுழி மதிப்பை அடையும். இவ்வாறு மீதக் காந்தத்தினை சுழியாக்குவதற்கு காந்தமாக்கும் புலச் செறிவு OR–ஐ எதிர்த் திசையில் அளிக்க வேண்டியுள்ளது.

*ஒரு காந்தப் பொருளில் உள்ள மீதக் காந்தத் தூண்டலைக் குறைத்து சுழியாக்குவதற்கு அதற்கு அளிக்கப்பட வேண்டிய எதிர்த்திசை காந்தமாக்கும் புலச் செறிவின் மதிப்பு காந்தநீக்கச் செறிவு **(Coercivity)** எனப்படும்.*

காந்தமாக்கும் புலம் H-ஐ, எதிர்த் திசையில் மேலும் அதிகரிக்கும்போது காந்தத் தூண்டல் RS அதிகரித்து புள்ளி S-ல் தெவிட்டு நிலையை அடைகிறது. (P மற்றும் S சமச்சீர் புள்ளிகளாகும்). தற்போது, மீண்டும் காந்தப்புலத்தின் திசையை மாற்றும்போது காந்தத் தூண்டல் STUP என்ற பாதை வழியே செல்கிறது. *இந்த மூடிய வளைவரைக்கோடு PQRSTUP காந்தத் தயக்கக் கண்ணி **(hysteresis loop)** எனப்படும். இது ஒரு காந்தமாக்குச் சுற்றினைக் குறிக்கிறது.* ''காந்தத் தயக்கம்'' என்ற சொல் பின் தங்குதல் என்ற பொருளைக் கொண்டுள்ளது. ஒரு காந்தமாக்கச் சுற்றின்போது காந்தத் தூண்டல் B, காந்தமாக்கும் புலச் செறிவு H–க்குப் பின்தங்கியுள்ளது என அறிகிறோம். *காந்தமாக்கும் புலத்திற்கு, காந்தத் தூண்டல் பின் தங்கும் நிகழ்வு காந்தத் தயக்கம் எனப்படும்.*

தயக்க இழப்பு

ஒரு ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள் காந்தமாக்கப்படும்பொழுது ஆற்றல் செலவிடப்படுகிறது. ஒரு பொருளைக் காந்தமாக்கச் செலவழிக்கப்பட்ட ஆற்றல் திரும்பப் பெற முடியாதது. ஆற்றல் இழப்பு வெப்ப வடிவில் உள்ளது. காந்தமாக்கச் சுற்றின் போது அதிலுள்ள மூலக்கூறு காந்தங்கள் ஒரு திசையமைவு பெறுவதும், மீண்டும் வேறு திசையமைவு பெறுவதும் பலமுறை நடைபெறுவதால் இந்த ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது. இந்த மூலக்கூறுகளின் இயக்கத்தால் வெப்ப ஆற்றல் உருவாகிறது. *ஒரு காந்தமாக்கச் சுற்றின்போது ஏற்படும் ஓரலகு பருமன் கொண்ட பொருளின் வெப்ப ஆற்றல் இழப்பு தயக்கக் கண்ணியின் பரப்பிற்குச் சமம்.*

தக்க வைத்தல் **(retentivity)** காந்த நீக்கச் செறிவு, காந்த உட்புகுதிறன், காந்த ஏற்புத்திறன் மற்றும் ஆற்றல் இழப்புகள் போன்றவற்றில் உள்ள வேறுபாடுகளின் காரணமாக, பொருள்கள் ஒவ்வொன்றும் அவற்றிற்கே உரிய வடிவம் மற்றும் அளவு கொண்ட காந்தத் தயக்கக் கண்ணியைப் பெற்றிருக்கும். வெவ்வேறான பொருள்களின்

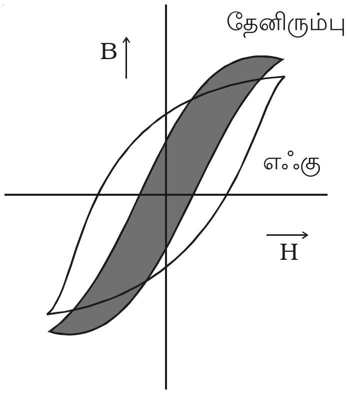
காந்தத் தயக்கக் கண்ணியைப் பற்றி அறிவதன் மூலம் வெவ்வேறு நோக்கங்களுக்குப் பொருத்தமான பொருள்களைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம்.

10.11.1 ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் பயன்கள்

(i) நிலைக்காந்தங்கள் (Permanent magnets)

நிலைக்காந்தங்கள் தயாரிப்பதற்குத் தகுந்த பொருள்களில், நீண்டகாலம் காந்தப் பண்பு நிலைத்திருக்க அவை அதிக மீத காந்தத் தூண்டலையும், அதிக காந்த நீக்கச் செறிவையும் பெற்றிருக்க வேண்டும். இத்தகைய பொருள்களின் எடுத்துக்காட்டுகள் எஃகு மற்றும் அல்நிகோ (Al, Ni மற்றும் Co சேர்ந்த கலவை ஆகும்).

(ii) மின்காந்தங்கள் (Electromagnets)



படம் 10.23 காந்தத் தயக்கக் கண்ணி - எஃகு மற்றும் தேனிரும்பு

மின்காந்தங்கள் தயாரிக்கப் பயன்படும் பொருள்கள், காந்தமாக்கச் சுற்றுகளுக்கு உட்பட வேண்டியுள்ளது. அதனைத் தயாரிக்க மிகச் சரியான பொருள் மிகக் குறைந்த தயக்க இழப்பைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். உயர் மதிப்பு காந்தத் தூண்டலை (B) குறைந்த மதிப்பு கொண்ட காந்தமாக்கும் புலச் செறிவிலேயே (H) பெற்றிருக்க வேண்டும். குறைந்த மீத காந்தத் தூண்டல் மற்றும் அகலம் குறைவான தயக்கக் கண்ணியை பெற்றிருப்பதால் தேனிரும்பு, மின்காந்தங்கள் செய்ய மிகுதியாக பயன்படுத்தப்படுகிறது (படம் 10.23) (சிறிய பரப்பு எனவே குறைவான தயக்க இழப்பு). அது குறைந்த காந்தமாக்கும் புலச்செறிவுகளில் (H) அதிக B மதிப்புகளைப் பெறுகிறது.

(iii) மின் மாற்றியின் உள்ளகம்

மின்மாற்றியின் உள்ளகம் செய்யப் பயன்படும் பொருள்கள் மற்றும் சோக்கு (choke) போன்றவை மிக விரைவாகப் பலமுறை காந்தமாக்க சுற்றுகளுக்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன. மேலும் மிக அதிகமாக காந்தத் தூண்டல் (B) உள்ளதாக அமைய வேண்டும். ஆகவே குறைந்த அகலமும் அதிக நீளமும் உடைய தயக்கக் கண்ணி பெற்றுள்ள தேனிரும்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது. ரேடியோ உலோகங்கள், பெர்ன் கலவை (Pern alloy) மற்றும் மியூமெட்டல் போன்றவை குறைந்த தயக்க இழப்பு உடைய சில உலோகக் கலவைகள் ஆகும்.

(iv) காந்தப் பதிவு நாடாக்கள் மற்றும் கணிணி நினைவகம் (Magnetic tapes and memory store)

பொருள் ஒன்றில் காந்தமாக்கல் என்பது காந்தமாக்கும் புலச் செறிவை மட்டும் பொருத்ததன்று, அது உட்படும் காந்தமாக்க சுழற்சியையும் பொருத்தது. பொருள் காந்தமாக்கப்பட்டதின் அளவு காந்தமாக்கச் சுழற்சிகளின் பதிவே ஆகும். எனவே இவ்வமைப்பு கணிணியில் ஒரு நினைவக சேகரிப்புக் கருவியாக பயன்படுகிறது.

ஃபெரோ காந்தப் பொருள்கள், ஒலிநாடாக் கருவியிலுள்ள காந்தப் பதிவு நாடாக்களின் மீது பூசுவதற்கும், தற்கால கணிணிகளில் நினைவகங்களை ஏற்படுத்தவும் பயன்படுகின்றன. அத்தகைய பொருள்களின் எடுத்துக்காட்டுகள் : பெர்ரைட் (Ferrites) (Fe, Fe_2O, $MnFe_2O_4$)

தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

10.1 ஒரு சட்டகாந்தத்தின், வடமுனை புவியியல் வடமுனை நோக்கியுள்ளது. காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து 10 cm தொலைவில் சுழிப் புள்ளி உள்ளது. $B = 4 \times 10^{-5}\ T$ எனில், காந்தத்தின் திருப்புத் திறனைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $d = 10 \times 10^{-2}\ m;\ B = 4 \times 10^{-5}\ T;\ M = ?$

தீர்வு : காந்தத்தின் வடமுனை புவியின் வடமுனையை நோக்கி இருப்பின் சுழிப்புள்ளிகள் காந்தத்தின் நடுவரைக் கோட்டில் அமையும்.

∴ சிறிய சட்டக் காந்தத்தின் நடு வரைக்கோட்டில் உள்ள சுழிப்புள்ளியில் காந்தப்புலம்,

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{M}{d^3}$$

$$\therefore \quad M = B \times d^3 \times 10^7 = 4 \times 10^{-5}\ (10 \times 10^{-2})^3 \times 10^7$$

$$M = 0.4\ A\ m^2$$

10.2 ஒரு சட்டக் காந்தமானது முறுக்கேற்றப்படாத கம்பியால் கிடைமட்டத்தில் காந்தத் துருவத் தளத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. காந்தத் துருவத் தளத்திலிருந்து காந்தத்தினை 30^o திருப்புவதற்காக கம்பியின் மேல்முனையானது 270^o சுழற்றப்படுகின்றது. இந்த சட்டக்காந்தத்தினை எடுத்துவிட்டு, அக்கம்பியில் இரண்டாவது சட்டக்காந்தம் தொங்கவிடப்படுகின்றது. இரண்டாவது சட்டக் காந்தமும், அதே கோண அளவு காந்தத் துருவத் தளத்தில் திரும்புமாறு கம்பியின் மேல்முனை 180^o சுழற்றப்படுகிறது. இவ்விரு சட்டக் காந்தங்களின் திருப்புத் திறன்களின் தகவினைக் கணக்கிடுக. (குறிப்பு : $\tau = C\theta$)

தீர்வு : ஓரலகு சுழற்சிக்கு திருப்பு விசை C என்க.

இரு சட்டக் காந்தங்களின் திருப்புத் திறன்கள் M_1 மற்றும் M_2 என்க.

விலக்கல் திருப்பு விசை $\tau = C\theta$

மீள் திருப்பு விசை $\tau = MB \sin\theta$

சமநிலையில், விலக்கல் திருப்பு விசை = மீள் திருப்பு விசை

முதல் காந்தத்திற்கு

$$C\ (270^o - 30^o) = M_1\ B_h \sin\theta \qquad \dots (1)$$

இரண்டாவது காந்தத்திற்கு

$$C\ (180^o - 30^o) = M_2\ B_h \sin\theta \qquad \dots (2)$$

சமன்பாடு (1)ஐ சமன்பாடு (2)ஆல் வகுக்க

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{240^o}{150^o} = \frac{8}{5}$$

10.3 காந்தத் திருப்புத் திறன் 5.25×10^{-2} A m^2 கொண்ட ஒரு சிறிய சட்டக் காந்தம் புவிக்காந்தப் புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் அதன் அச்சு அமையுமாறு வைக்கப்படுகிறது. சட்டக் காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து **(i)** நடு வரைக்கோடு **(ii)** அச்சுக்கோட்டில், எந்தத் தொலைவில் புவிக்காந்தப் புலத்தோடு தொகுபயன் காந்தப்புலம் 45^o–ல் இருக்கும்? அந்த இடத்தில் புவிக்காந்தப் புலத்தின் எண் மதிப்பு 0.42×10^{-4} T.

தகவல் : $M = 5.25 \times 10^{-2}\ A\ m^{-2}$

$\theta = 45^o$

$B_h = 0.42 \times 10^{-4}\ T$

$d = ?$

தீர்வு : டேஞ்ஜெண்ட் விதியிலிருந்து

$$\frac{B}{B_h} = Tan\ \theta$$

$$B = B_h\ tan\ \theta = 0.42 \times 10^{-4} \times tan\ 45^o$$

$$B = 0.42 \times 10^{-4}\ T$$

(i) நடு வரைக்கோட்டில் உள்ள புள்ளிக்கு :

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{M}{d^3}$$

$$d^3 = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{M}{B}$$

$$d^3 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5.25 \times 10^{-2}}{4\pi \times 0.42 \times 10^{-4}}$$

$$= 12.5 \times 10^{-5} = 125 \times 10^{-6}$$

$$\therefore\ d = 5 \times 10^{-2}\ m$$

(ii) அச்சுக்கோட்டில் உள்ள புள்ளிக்கு :

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2M}{d^3} \quad \text{அல்லது} \quad d^3 = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2M}{B}$$

$$d^3 = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{4\pi} \times \frac{2 \times 5.25 \times 10^{-2}}{0.42 \times 10^{-4}}$$

$$d^3 = 250 \times 10^{-6} = 2 \times 125 \times 10^{-6}$$

$$d = 2^{1/3}\ .\ (5 \times 10^{-2})$$

$$d = 6.3 \times 10^{-2}\ m.$$

10.4 $90\ g$ நிறையுள்ள சட்டக் காந்தத்தின் காந்தத் திருப்புத் திறன் $3\ A\ m^2$ ஆகும். அதன் காந்தமாக்கச் செறிவின் மதிப்பு $2.7 \times 10^5\ A\ m^{-1}$ எனில், காந்தப் பொருளின் அடர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $m = 90 \times 10^{-3}\ kg;\ M = 3\ A\ m^2$

$I = 2.7 \times 10^5\ A\ m^{-1};\ \rho = ?$

தீர்வு : காந்தமாக்கச் செறிவு $I = \dfrac{M}{V}$

ஆனால் பருமன், $V = \dfrac{m}{\rho}$

$$\therefore\ I = \frac{M\rho}{m}$$

$$\rho = \frac{Im}{M} = \frac{2.7 \times 10^5 \times 90 \times 10^{-3}}{3} = 8100$$

$$\rho = 8100\ kg\ m^{-3}$$

10.5 $1.5\ cm^2$ குறுக்குப் பரப்பும், $8\ cm$ நீளமும் உள்ள தண்டு ஒன்றின் மீது $50\ A\ m^{-1}$ காந்தப் புலச் செறிவு செயற்படுவதால் தோன்றும் காந்தத் தூண்டல் $0.024\ T$ எனில் (i) காந்த உட்புகுதிறன் (ii) காந்த ஏற்புத் திறன் இவற்றைக் கணக்கிடுக.

தகவல் : $H = 50\ A\ m^{-1},\ B = 0.024\ T = 2.4 \times 10^{-2}\ T,\ 2l = 8 \times 10^{-2}\ m$

$A = 1.5 \times 10^{-4}\ m^2 \qquad \mu = ?;\ \chi_m = ?$

தீர்வு : காந்த உட்புகுத் திறன், $\mu = \dfrac{B}{H} = \dfrac{2.4 \times 10^{-2}}{50} = 4.8 \times 10^{-4} H\ m^{-1}$

காந்த ஏற்புத் திறன் $\chi_m = \mu_r - 1 = \dfrac{\mu}{\mu_o} - 1$

$$\chi_m = \frac{4.8 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7}} - 1 = 381.16$$

தன் மதிப்பீடு

(இந்தத் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பொருளிலிருந்து எந்தவொரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக்கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்.)

10.1 'd' தொலைவில் வெற்றிடத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள இரு காந்த முனைகள் 10N விசையை உணருகின்றன. காந்த முனைகள் அதே தொலைவிலும் ஊடகத்தின் ஒப்புமை உட்புகுதிறன் 2 உள்ள ஊடகத்திலும், வைக்கப்பட்டால், அவை உணரும் விசையின் மதிப்பு

(a) 20 N (b) 10 N

(c) 5 N (d) 40 N

10.2 ஒரு காந்தத்தின் காந்தத் திருப்புத்திறன் $5\ A\ m^2$ ஆகும். காந்த முனைவலிமை $25\ A\ m$ எனில், காந்தத்தின் நீளம்

(a) 10 cm (b) 20 cm

(c) 25 cm (d) 1.25 cm

10.3 $2l$ நீளம், M காந்தத் திருப்புத் திறன், m காந்த முனை வலிமை உள்ள ஒரு நீளமான காந்த ஊசியானது அதன் நடுப்பகுதியில் இரு துண்டுகளாக்கப்படும்போது கிடைக்கும் ஒவ்வொரு துண்டின் காந்தத் திருப்புத் திறன் மற்றும் முனைவலிமை முறையே

(a) M, m (b) $\frac{M}{2}, \frac{m}{2}$

(c) $M, \frac{m}{2}$ (d) $\frac{M}{2}, m$

10.4 இரு சிறிய காந்தங்கள் சமஅளவிலான முனைவலிமை கொண்டுள்ளன. ஒரு காந்தத்தின் நீளம் மற்றொன்றினைப் போல் இருமடங்காக உள்ளது. சிறிய நீளமுடைய காந்தமானது டேன் A நிலையில் காந்த ஊசியிலிருந்து 20 cm தொலைவில் வைக்கப்படுகின்றது. அதிக நீளமான காந்தமானது, விலகு காந்தமானியின் மறுபக்கத்தில் வைக்கப்பட்டு அதில் விலக்கம் ஏதும் ஏற்படாமல் இருக்க, அதன் தொலைவு

(a) 20 cm (b) $20\ (2)^{1/3}$ cm

(c) $20\ (2)^{2/3}$ cm (d) 20 (2) cm

10.5 விலகு காந்தமானியில் டேன் B நிலையில் வைக்கப்படும் காந்தத்தின் திசை

(a) வடக்கு - தெற்கு (b) கிழக்கு - மேற்கு

(c) வடக்கு - மேற்கு (d) தெற்கு - மேற்கு

10.6 ஒரு காந்தப் பொருளின் ஒப்புமை உட்புகுதிறன் 10001 காந்தமாக்கும் புலச்செறிவின் மதிப்பு $2500\ A\ m^{-1}$ எனில் காந்தமாக்கச் செறிவு

(a) $0.5 \times 10^{-7}\ A\ m^{-1}$ (b) $2.5 \times 10^{-7}\ A\ m^{-1}$

(c) $2.5 \times 1.0^{+7}\ A\ m^{-1}$ (d) $2.5 \times 10^{-1}\ A\ m^{-1}$

10.7 கீழ்க்கண்டவற்றுள், எதன் காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலையைச் சார்ந்திருக்காது?

(a) டயாகாந்தப் பொருள்

(b) பாரா காந்தப் பொருள்

(c) ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருள்

(d) டாய காந்தப்பொருள் மற்றும் பாராகாந்தப் பொருள்

10.8 கியூரி வெப்பநிலையில் ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்,

(a) காந்தத் தன்மையை இழக்கிறது

(b) டயா காந்தமாகின்றது

(c) பாராகாந்தமாகின்றது

(d) வலிமை மிக்க ஃபெர்ரோ காந்தமாகின்றது

10.9 மின்காந்தங்கள் தேனிரும்பு கொண்டு உருவாக்கப்படுகின்றன. ஏனெனில் தேனிரும்பு ஆனது __________ கொண்டுள்ளது.

(a) குறைந்த காந்த ஏற்புத் திறனையும், குறைவான மீதக் காந்தத் தூண்டலையும்

(b) அதிகமான காந்த ஏற்புத் திறனையும், குறைவான மீதக்காந்தத் தூண்டலையும்

(c) அதிகமான காந்த ஏற்புத் திறனையும் அதிகமான மீதக் காந்தத் தூண்டலையும்

(d) குறைவான காந்த ஏற்புத் திறனையும் அதிகமான மீதக்காந்தத் தூண்டலையும்

10.10 கூலும் எதிர்த்தகவு இருமடி விதியைக் கூறு.

10.11 சட்டக் காந்தம் ஒன்றின் (i) அச்சுக்கோட்டிலும் (ii) நடு வரைக்கோட்டிலும் ஒரு புள்ளியில் செயற்படும் காந்தத் தூண்டலுக்கான தொடர்புகளைப் பெறுக.

10.12 சீரான காந்தப் புலத்தில் காந்த ஊசியின் மீது செயற்படும் திருப்பு விசைக்கானத் தொடர்பினைப் பெறுக.

10.13 டேஞ்ஜெண்ட் விதியைக் கூறி விளக்குக.

10.14 டேன் A நிலை என்பது யாது? விலகு காந்தமானியை டேன் A நிலையில் எவ்விதம் அமைப்பாய்?

10.15 டேன் A நிலைக்கான கொள்கையை விவரி. டேன் A நிலையில் இருசட்டக் காந்தங்களின திருப்புத் திறன்கள் எவ்வாறு ஒப்பிடப்படுகின்றது என விவரி.

10.16 டேன் B நிலை என்பது யாது? டேன் B நிலையில் ஒரு விலகுகாந்தமானி எவ்வாறு அமைக்கப்படுகின்றது?

10.17 டேன் B நிலைக்கான கொள்கையை விவரி. டேன் B நிலையில் இருசட்டக் காந்தங்களின் திருப்புத் திறன்களின் தகவு எவ்விதம் காணப்படுகின்றது என விவரி.

10.18 வரையறு : (1) காந்த உட்புகுதிறன் (2) காந்தமாக்கச் செறிவு மற்றும் (3) காந்த ஏற்புத் திறன்.

10.19 டயா, பாரா மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருள்களை வேறுபடுத்துக. ஒவ்வொன்றிற்கும் ஒரு எடுத்துக்காட்டினைத் தருக.

10.20 காந்தத் தயக்கக் கண்ணி பற்றி விளக்குக.

கணக்குகள்

10.21 5×10^{-4} T மதிப்புள்ள சீரான காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள 8 cm நீளமுள்ள காந்தத்தின் ஒவ்வொரு முனைமீதும் செயற்படும் விசையின் மதிப்பு 6×10^{-3} N எனில், காந்தத்தின் திருப்புத் திறனைக் கணக்கிடுக.

10.22 20 cm இடைவெளியில் காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள இரு காந்த முனைகளுக்கு இடையேயான விலக்கு விசை 2×10^{-5} N. இருகாந்த முனைகளில் ஒன்றின் வலிமை மற்றொன்றைவிட இரு மடங்கு எனில் ஒவ்வொரு காந்த முனையின் வலிமையைக் கணக்கிடுக.

10.23 வேறுபட்ட முனைவலிமையுடைய ஓரின காந்த முனைகள் 1 m இடைவெளியில் உள்ளன. ஏதேனும் ஒரு காந்த முனையிலிருந்து 0.2 m தொலைவில் 4 A m வலிமையுள்ள மூன்றாவது காந்த முனை சமநிலையில் இருப்பின், ஓரின காந்த முனை வலிமைகளின் தகவினைக் கணக்கிடுக.

10.24 10 cm நீளமும் 24.6×10^{-2} A m முனைவலிமை உள்ள காந்தமானது 0.01 T மதிப்புள்ள காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு 30^{o} கோணத்தில் இருப்பின், அதன் மீது செயற்படும் இரட்டையின் திருப்புத் திறனைக் கணக்கிடுக.

10.25 10 cm நீளமுள்ள காந்தத்தின் திருப்புத்திறன் 9.8×10^{-1} A m^2. காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து அதன் அச்சுக்கோட்டில் 20 cm தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் செயற்படும் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிடுக.

10.26 ஒரு மேசையின் மீது இரு செங்குத்தான கோடுகள் வரையப்படுகின்றன. 0.108 மற்றும் 0.192 A m^2 காந்தத் திருப்புத் திறன் மதிப்புள்ள இரு சிறு காந்தங்கள் இக்கோடுகள் மீது வைக்கப்படுகின்றன. இருகோடுகளும்

சந்திக்கும் புள்ளி இவ்விரு காந்தங்களிலிருந்து முறையே 30 cm மற்றும் 40 cm எனில், அப்புள்ளியில் தொகுபயன் காந்தப் புலத்தினைக் கணக்கிடுக.

10.27 72 g நிறையும், 7200 kg m^{-3} அடர்த்தியும் உள்ள இரும்புத் தண்டின் காந்தமாக்கச் செறிவு 0.72 A m^{-1}. எனில், அதன் காந்தத் திருப்புத் திறன் மதிப்பினைக் கணக்கிடுக.

10.28 25 cm^3 பருமனுள்ள காந்தத்தின் காந்தத் திருப்புத்திறன் 12.5×10^{-4} A m^2 எனில் காந்தமாக்கச் செறிவின் மதிப்பினைக் கணக்கிடுக.

10.29 இரும்புத் தண்டு ஒன்றில் 2×10^3 A m^{-1} மதிப்புள்ள காந்தப்புலச் செறிவானது 4π Wb m^{-2} காந்தத் தூண்டலை ஏற்படுத்தினால், ஒப்புமை உட்புகுதிறன் மற்றும் காந்த ஏற்புத்திறன் இவற்றைக் கணக்கிடுக.

விடைகள்

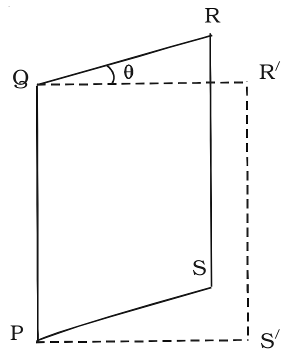
10.1	(a)	**10.2**	(b)	**10.3**	(d)
10.4	(b)	**10.5**	(b)	**10.6**	(c)
10.7	(a)	**10.8**	(c)	**10.9**	(b)

10.21	0.96 A m^2	**10.22**	2 A m, 4 A m
10.23	1 :16	**10.24**	1.23×10^{-4} N m
10.25	2.787×10^{-5} T	**10.26**	10^{-6} T
10.27	7.2×10^{-6} A m^2	**10.28**	50 A m^{-1}
10.29	5000, 4999		

பின்னிணைப்பு

(தேர்வுக்கு உரியதன்று)

1. காந்த ஒதுக்கம் (Declination)



படம் 1 காந்த ஒதுக்கம்

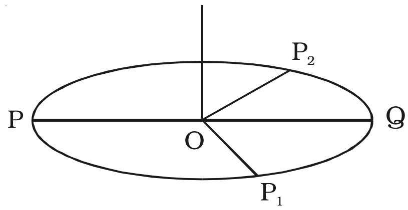
தன்னிச்சையாகத் தொங்கவிடப்பட்ட காந்த ஊசியின் அச்சின் வழியே செல்லும் செங்குத்துத் தளம் காந்தத் துருவத்தளம் எனப்படும். புவியியல் துருவத்தளம் என்பது புவியியல் வட–தென் திசையின் (புவியின் சுழல் அச்சு) வழியே செல்லும் செங்குத்துத் தளம் ஆகும் (படம் 1).

படம் 1-ல் தளம் PQRS காந்தத் துருவத்தளத்தைக் குறிக்கிறது. தளம் $PQR'S'$ என்பது புவியியல் துருவத் தளத்தைக் குறிக்கிறது.

ஓரிடத்தில் காந்த ஒதுக்கம் என்பது காந்த துருவத் தளத்திற்கும் புவியியல் துருவத் தளத்திற்கும் இடைப்பட்ட கோணம் ஆகும்.

காந்த ஒதுக்கத்தைக் காணல்

ஓரிடத்தில் புவியியல் துருவத்தளத்தை எளிய முறையில் காண்பதற்காக 1 முதல் 1.5 m வரை உயரமுள்ள நேரான கம்பம் ஒன்று நிலத்தில் செங்குத்தாக புள்ளி 'O'வில் நிறுத்தப்படுகிறது. 'O'-வை மையமாகக் கொண்டு கம்பத்தின் உயரத்தை ஆரமாகக் கொண்ட வட்டம் ஒன்று வரையப்படுகிறது (படம் 2).

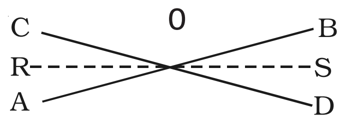


படம் 2 புவியியல் துருவத்தளம்

நண்பகலுக்கு முன் கம்பத்தின் நிழலின் நுனி வட்டத்தைத் தொடும் புள்ளி P_1ஐக் குறிக்கவும்.

மீண்டும் கம்பத்தின் நிழலின் நுனி பிற்பகலில் வட்டத்தினைத் தொடும் புள்ளி P_2ஐக் குறிக்கவும். கோணம் P_1OP_2–இன் இருசமவெட்டி POQ என்பது அவ்விடத்தில் புவியியல் துருவத்தளம் ஆகும்.

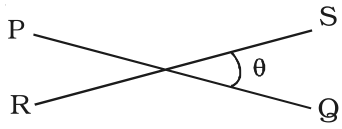
ஒரு காந்த ஊசியின் இரு முனைகளில் இரண்டு குண்டூசிகள் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டு அதனைத் தன்னிச்சையாகத் தொங்கவிடுவதன் மூலம் காந்தத் துருவத் தளம் வரையப்படுகிறது.



படம் 3 காந்தத் துருவத்தளம்

காந்த ஊசி ஓய்வு நிலையில் உள்ள போது, இரு குண்டூசிகளின் முனைகளைச் சேர்க்கும் AB என்றக் கோட்டை வரையவும். காந்த ஊசி தலைகீழாகத் திருப்பப்பட்டு குண்டூசிகள் காந்த ஊசிகளின் முனைகளில் பொருத்தப்படுகின்றன. காந்த ஊசி ஓய்வு நிலையில் உள்ள போது குண்டூசிகளின் முனைகளைச் சேர்த்து CD என்ற கோடு வரையப்படுகிறது. AB மற்றும் CD என்ற கோடுகள் வெட்டிக் கொள்ளும் புள்ளி 'O' என்க. கோணம் BOD–யின் இருசமவெட்டி RS ஆனது அந்த இடத்தின் காந்தத் துருவத்தளத்தினைத் தருகிறது (படம் 3).

புவியியல் துருவத்தளம் PQவிற்கும் காந்தத் துருவத்தளம் RSக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் θ காந்த ஒதுக்கம் எனப்படும் (படம் 4).



படம் 4 காந்த ஒதுக்கம்

*2 காந்தச் சரிவு **(Dip)***

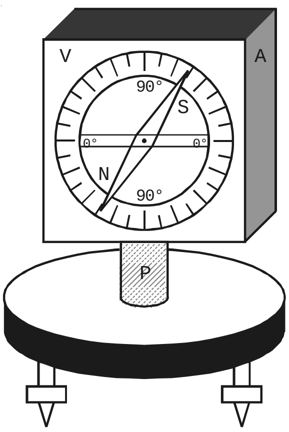
புவிக் காந்தப்புலத்தின் திசைக்கும் அதன் கிடைத்தளக் கூறின் திசைக்கும் இடையே உள்ள கோணம் காந்தச் சரிவு எனப்படும்.

புவியின் மொத்த காந்தப்புலம் கிடைத்தளத்திலிருந்து எந்தக் கோண அளவு சரிந்துள்ளதோ அக்கோணம் காந்தச் சரிவு எனப்படும். காந்தச் சரிவு δ என்று குறிக்கப்படும். இடத்திற்கு இடம் இதன் மதிப்பு மாறுபடும். புவியின் நடுவரைக் கோட்டில் இதன் மதிப்பு 0^o ஆகவும், புவி காந்த முனைகளில் இதன் மதிப்பு 90^o ஆகவும் உள்ளது. சென்னையில் $\delta = 9^o7'$ ஆகும்.

ஓரிடத்தில் காந்தச் சரிவின் மதிப்பினை சரிவு வட்டம் என்ற கருவியைக்கொண்டு அளந்திடலாம்.

சரிவு வட்டம்

V என்ற செங்குத்தான வட்ட அளவுகோலின் மையத்தில் NS என்ற ஒரு காந்த ஊசி எளிதாகச் சுழலுமாறு கிடைத்தளத் தண்டில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. காந்த ஊசி தன்னிச்சையாக இந்த வட்ட அளவுகோலின் மீது சுழலக்கூடியது. வட்ட அளவு கோல் நான்கு கால்வட்டப் பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு பகுதியும் 0^o முதல் 90^oவரை குறிக்கப்பட்டிருக்கும். 0^o– 0^oஅளவுகள் கிடைமட்டத்திலும் 90^o – 90^o அளவுகள் செங்குத்துத் தளத்திலும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. காந்த ஊசியும் வட்ட அளவு கோலும் முன்புறம் கண்ணாடி பொருத்தப்பட்டுள்ள A என்ற செவ்வகப்பெட்டியில் உள்ளன. இச்செவ்வகப் பெட்டியானது கிடைத்தள பீடத்தின் மீதுள்ள செங்குத்து தூண் P மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. பீடம் மூன்று சரிமட்டத் திருகுகளைக் கொண்டுள்ளது. பீடத்தில் 0^o முதல் 360^o வரை குறிக்கப்பட்டுள்ள வட்ட அளவு கோல் ஒன்றுள்ளது (படம் 5). செவ்வகப்பெட்டி செங்குத்து அச்சைப்பற்றிச் சுழலக் கூடியது. அதன் நிலையினை வெர்னியர் பொருத்தப்பட்ட ஒரு வட்ட அளவு கோல் மூலம் அறியலாம் (படத்தில் காட்டப்படவில்லை).



படம் 5 சரிவு வட்டம்

பீடம் கிடைத்தளத்தில் இருக்குமாறும் பெட்டியிலுள்ள வட்ட அளவுகோல் செங்குத்தாக இருக்குமாறும் சரிமட்டத் திருகுகள் சரிசெய்யப்படுகின்றன. காந்த ஊசி NS–ன் முனைகள் செங்குத்து அளவுகோலில் 90^o – 90^o எனக் காட்டுமாறு செவ்வகப் பெட்டி சுழற்றப்படுகிறது.

இந்நிலையில் காந்த ஊசி புவிக்காந்தப்புலத்தின் செங்குத்துக் கூறின் திசையில் அமைகிறது. புவிக்காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருப்பதால் காந்த ஊசியின் மீது எந்த விதமான பாதிப்பையும் ஏற்படுத்துவதில்லை. இதிலிருந்து செங்குத்து அளவுகோலும் காந்த ஊசியும் காந்தத்துருவத் தளத்திற்கு செங்குத்துத் தளத்தில் உள்ளன என்பது தெரிகிறது. இப்பொழுது செவ்வகப் பெட்டியானது கிடைமட்ட வட்ட அளவு கோல் உதவியால் 90^o சுழற்றப்படுகிறது. காந்த ஊசியானது மிகச் சரியாக காந்தத்துருவத் தளத்தில் வந்து அமைகிறது. காந்த ஊசி காட்டும் அளவீடு அந்த இடத்தின் காந்தச் சரிவாகும்.